



TUGAS AKHIR – TM 091486

**PERANCANGAN DAN PROSES PEMBUATAN
*INNER DOOR PANEL MOBIL PICK-UP MULTIGUNA***

Oleh:

BAMBANG PRAYOGI

2109 100 149

Dosen Pembimbing:

Prof. Dr. –Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2014



FINAL PROJECT - TM 091486

DESIGN AND MANUFACTURING PROCESS OF MULTI-PURPOSE PICK UP'S INNER DOOR PANEL

BAMBANG PRAYOGI
NRP. 2109100149

Academic Supervisor

Prof. Dr. –Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng

MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2014

**PERANCANGAN DAN PROSES PEMBUATAN *INNER
DOOR PANEL MOBIL PICK-UP MULTIGUNA***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Manufaktur
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

BAMBANG PRAYOGI

Nrp. 2109 100 149

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr.-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng
(NIP. 195811061986011002)..... (Pembimbing)
2. Arif Wahjudi, ST., MT., Ph.D
(NIP. 197303222001121001)..... (Penguji 1)
3. M Khoirul Effendi, ST., M.Sc.Eng
(NIP.198204142010121001)..... (Penguji 2)
4. Ir. Sampurno, MT
(NIP. 196504041989031002)..... (Penguji 3)

PERANCANGAN DAN PROSES PEMBUATAN INNER DOOR PANEL MOBIL PICK-UP MULTIGUNA

Nama Mahasiswa : BAMBANG PRAYOGI
NRP : 2109 100 149
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.-Ing. Ir. I Made
Londen Batan, M.Eng

ABSTRAK

Pintu mobil pick-up multiguna ini terdiri atas 2 bagian plat metal yang disatukan menjadi sebuah pintu yang utuh. Dua bagian plat metal tersebut adalah plat metal pintu bagian luar dan plat metal pintu bagian dalam atau inner door panel. Pada tahun 2012, penelitian telah dilakukan terhadap posisi handle pengatur kaca jendela atau window regulator mobil pick-up GEA. Evaluasi dari hasil penelitian tersebut adalah bahwa posisi letak handle window regulator harus diubah agar handle window regulator nyaman saat dioperasikan. Evaluasi tersebut mengharuskan adanya perubahan desain dari inner door panel.

Dari deskripsi diatas, suatu rancangan pengembangan desain inner door panel beserta seperangkat punch and dies perlu dilakukan agar inner door panel dapat diproduksi secara massal. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan meliputi penyusunan list of requirement, perancangan dan pengembangan inner door panel dengan menggunakan bantuan software analisa dan CATIA. Selanjutnya proses pembuatan inner door panel perlu dirancang sehingga dapat diketahui jenis proses dan rancangan punch and diesnya.

Dari analisa getaran yang dilakukan, maka desain inner door panel memiliki frekuensi natural sebesar 166,94 Hz atau setara dengan 10.016,4 rpm sehingga aman dan tidak terpengaruh oleh getaran dari mesin mobil. Tegangan yang terjadi pada inner door panel akibat gaya pembebanan pada handle pintu bagian dalam adalah sebesar $2,9159 \times 10^7$ Pa atau setara dengan 2,97 Kg/mm² sehingga masih berada dalam kategori aman. Terdapat 3 macam proses pembentukan yaitu trimming, embossing dan piercing dengan nilai total gaya pembentukan sebagai berikut: Gaya pembentukan proses trimming = 48.96 ton, Gaya pembentukan proses embossing = 26.89 ton, Gaya pembentukan proses piercing = 41.66 ton. Window regulator yang disarankan untuk digunakan pada mobil pick-up multiguna ini adalah scissor type window regulator dengan tenaga penggerak manual. Tegangan kompresi punch and dies pada tiap proses pembentukan dibandingkan dengan tegangan ijin materialnya masing-masing sehingga perancangan aman, dimana: tegangan kompresi proses trimming 0.11 Kg/mm², tegangan kompresi proses embossing 0.28 Kg/mm², tegangan kompresi proses piercing 0,39 Kg/mm². Semua tegangan kompresi yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin material yaitu 70.36 Kg/mm².

Kata kunci : pintu mobil, inner door panel, punch and dies dan window regulator.

DESIGN AND MANUFACTURING PROCESS OF MULTI-PURPOSE PICK UP'S INNER DOOR PANEL

Name : BAMBANG PRAYOGI
Reg Number : 2109100149
Department : Mechanical Engineering
Academic Supervisor: Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.

ABSTRACT

The Door of multi-purpose vehicle consist of 2 metal plates that joined together to be a fully functional door. These two metal plates are inner and outter door panels. In 2012, study had been done in windows regulator handle's positioning. The result is there must be a change in windows regulator handle's position for more comfortable operation, thus making a change in inner door panel is a must.

From description, a development for inner door panel's design with its punch and dies need to be done for mass production. Methods of research are list of request, design and development of inner door panels with CATIA and analysis software. After that manufacturing process of inner door panels must be designed with its punch and dies.

From vibration analysis that had been done, designed inner door panels have natural frequency of 166,94 Hz or equal of 10.016,4 rpm, thus it is safe and not affected by car's vibration. Stress that happen in inner door panels from force at inner door handle is $2,9159 \times 10^7$ pa or equal of 2,97 kg/mm², thus its still in safe region. There are 3 process of forming, trimming, embossing and piercing with the total force as: trimming forming's force = 48.96 ton, embossing forming's force = 26.89 ton, piercing

forming's force = 41.66 ton. Suggested windows regulator design is scissor type windows regulator with manual operation. Compression stress of punch and dies is compared to stress limit level of material, where are the actual compression stress are 0.11 kg/mm² for trimming, 0.28 kg/mm² for embossing and 0.39 kg/mm² for piercing, with stress limit level of material in 70.36 kg/mm² thus all actual compression stress are smaller and safe.

Keywords: car's door, inner door panel, punch and dies, and windows regulator

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala berkat limpahan rahmat dan hidayahNya sehingga penulisan Tugas Akhir dengan judul *“PERANCANGAN DAN PROSES PEMBUATAN INNER DOOR PANEL MOBIL PICK UP MULTIGUNA”* ini dapat diselesaikan. Tidak lupa sholawat serta salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Sallallahu alaihi wasallam. Dalam penyusunan Tugas Akhir tidak lepas dari bantuan banyak pihak baik moral, material maupun spiritual. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Kedua orang tua tersayang, Bpk Musa Ismail dan Ibu Rasinah serta kakak tercinta, Rudianto. Atas segala perhatian, dukungan, motivasi, pengertian dan kesabaran yang telah diberikan selama ini.
- Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M. Eng. selaku dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Ir. Sampurno, MT. , M. Khoirul Effendi, ST., M.Sc.Eng. dan Arif Wahjudi, ST, MT, Ph.D. selaku dosen penguji Tugas Akhir atas bimbingan dan sarannya
- *Best Partner* Lisa Wakhyu Isnaini dan keluarga.
- Special Thanks to Teman seperjuangan tugas akhir: Anas, Arifa, Fatkhur, Rado, Rangga. Serta Hasmud, Latif, Listianto (partner sidang), dan Eka.
- Teman-teman anggota Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk. Rudi (partner seminar), Kulpi (suwun Leppy-ne), Alfie aka Kondom, Irvan aka Abah48, Made Rizky aka Tokek, Ivan, Imron, Yoga, Ical, Dhian, Cipak, Bintang, Doni, Danu, Febri, Pepeng, Urang, Bedez, Bontang, Hargo, Sandy.
- Sahabat lawas terbaik: Fatchur, Luky, Tuba (Iyus) Guys, I owe you my life.
- Cak Man, Pak Hari, Mak Sih, Senna, Karina. Suwun Banget Rek!

- Teman-teman SMRM khususnya saudaraku M52.
- Bapak dan Ibu Guru LIBEL'S, Teman-teman SKI LIBEL'S, TWISTER, RESCUE dan Para Alumni LIBEL'S lainnya yang senantiasa mendoakan.

Sekalipun Tugas Akhir ini selesai melalui serangkaian proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis, serta ditebus dengan tetesan keringat, darah dan air mata, namun tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Penulis berharap hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2014

Penulis,

DAFTAR ISI

| | |
|--------------------------------|-------------|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR GAMBAR | xv |
| DAFTAR TABEL | xvii |
| DAFTAR NOTASI | xix |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|------------------------------|---|
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan..... | 3 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian..... | 4 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---------------------------------------|---|
| 2.1. <i>Inner Door Panel</i> | 5 |
| 2.2. Proses Pengerjaan Dingin..... | 5 |
| 2.3. <i>Single Press Tool</i> | 6 |
| 2.4. <i>Komponen Press Tool</i> | 6 |
| 2.4.1. <i>Punch</i> | 6 |
| 2.4.2. <i>Punch Holder</i> | 7 |

| | |
|---|----|
| 2.4.3. <i>Upper dan Plate</i> | 7 |
| 2.4.4. <i>Pilot</i> | 8 |
| 2.4.5. <i>Guidepost</i> | 8 |
| 2.4.6. <i>Spring</i> | 8 |
| 2.4.7. <i>Shank</i> | 9 |
| 2.4.8. <i>Stripper</i> | 9 |
| 2.4.9. <i>Dies</i> | 10 |
| 2.5. <i>Clearence</i> | 11 |
| 2.6. <i>Blanking dan Piercing</i> | 12 |
| 2.7. <i>Embossing</i> | 13 |
| 2.8. <i>Penggerak Kaca Jendela Mobil (Window Regulator)</i> | 14 |
| 2.8.1 <i>Manual Window Regulator</i> | 14 |
| 2.8.2 <i>Power Window Regulator</i> | 15 |
| 2.8.3 <i>Scissor Type Window Regulator</i> | 15 |
| 2.8.4 <i>Cable Type Window Regulator</i> | 16 |
| 2.9. <i>Frekuensi Natural Getaran</i> | 16 |

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

| | |
|--|----|
| 3.1 <i>Diagram Alir Metodologi Perancangan</i> | 19 |
| 3.2. <i>Tahap Perancangan</i> | 20 |
| 3.2.1. <i>Studi Literatur dan Studi Lapangan</i> | 20 |

| | |
|--|----|
| 3.2.2. Perumusan Masalah..... | 20 |
| 3.2.3. Perancangan <i>Inner Door Panel</i> | 20 |
| 3.2.4. Analisa Frekuensi Natural Getaran <i>Inner Door Panel</i> | 23 |
| 3.2.5. Analisa Tegangan Pada <i>Inner Door Panel</i> | 24 |
| 3.2.6. Perancangan dan Proses Pembuatan..... | 24 |
| 3.2.7. Perhitungan Gaya Pembentukan <i>Inner Door Panel</i> | 24 |
| 3.2.8. Perancangan dan Analisa Tegangan pada <i>Punch and Dies</i> | 25 |
| 3.2.9. Pembuatan Gambar <i>punch and dies</i> | 25 |
| 3.2.10. Kesimpulan dan Saran..... | 25 |

BAB IV ANALISA FREKUENSI NATURAL GETARAN DAN ANALISA TEGANGAN PADA *INNER DOOR PANEL*

| | |
|--|----|
| 4.1. Alur Langkah Analisa Frekuensi Natural Getaran Pada <i>Software Analisa</i> | 27 |
| 4.2. Analisa Frekuensi Natural Getaran Pada <i>Inner Door Panel</i> | 28 |
| 4.3. Alur Langkah Analisa Tegangan Pada <i>Software Analisa</i> | 29 |
| 4.4. Analisa Tegangan Pada <i>Inner Door Panel</i> | 30 |

BAB V URUTAN PROSES PEMBUATAN *INNER DOOR PANEL* DAN GAYA-GAYA PEMBENTUKANNYA

| | |
|--|----|
| 5.1. Urutan Proses Pembentukan <i>Inner Door Panel</i> | 33 |
| 5.1.1 <i>Trimming</i> | 33 |
| 5.1.2 <i>Embossing</i> | 33 |
| 5.1.3 <i>Piercing</i> | 34 |
| 5.2 Pemilihan <i>Window Regulator</i> | 35 |
| 5.3. Perhitungan Gaya Pembentukan..... | 36 |
| 5.3.1 Gaya Pembentukan Pada Proses <i>Trimming</i> | 36 |
| 5.3.2 Gaya Pembentukan Pada Proses <i>Embossing</i> | 37 |
| 5.3.3 Gaya Pembentukan Pada Proses <i>Piercing</i> | 39 |
| 5.4 Perbandingan Gaya Pembentukan dengan Kapasitas Mesin..... | 40 |

BAB VI PERANCANGAN *PUNCH AND DIES*

| | |
|--|----|
| 6.1 Perhitungan <i>Punch-Die Trimming</i> | 43 |
| 6.1.1 Perhitungan Ketebalan <i>Die</i> | 43 |
| 6.1.2 Perhitungan Ketebalan Upper-Lower Plate | 44 |
| 6.1.3 Perhitungan <i>Clearance</i> | 44 |
| 6.1.4 Perencanaan <i>Stripper</i> | 45 |
| 6.1.5 Perbandingan Tegangan Ijin dan Tegangan Kompresi <i>Punch</i> | 47 |
| 6.1.6 Perhitungan Panjang <i>Punch</i> | 48 |
| 6.2 Perhitungan <i>Punch-Die Embossing</i> | 50 |

| | |
|--|----|
| 6.2.1 Perhitungan Ketebalan <i>Die</i> | 50 |
| 6.2.2 Perhitungan Ketebalan Upper-Lower Plate..... | 51 |
| 6.2.3 Perhitungan <i>Clearance</i> | 51 |
| 6.2.4 Perencanaan <i>Stripper</i> | 52 |
| 6.2.5 Perbandingan Tegangan Ijin dan Tegangan Kompresi <i>Punch</i> | 53 |
| 6.2.6 Perhitungan Panjang <i>Punch</i> | 54 |
| 6.3 Perhitungan <i>Punch-Die Piercing</i> | 55 |
| 6.3.1 Perhitungan Ketebalan <i>Die</i> | 55 |
| 6.3.2 Perhitungan Ketebalan Upper-Lower Plate..... | 57 |
| 6.3.3 Perhitungan <i>Clearance</i> | 57 |
| 6.3.4 Perencanaan <i>Stripper</i> | 58 |
| 6.3.5 Perbandingan Tegangan Ijin dan Tegangan Kompresi <i>Punch</i> | 59 |
| 6.3.6 Perhitungan Panjang <i>Punch</i> | 61 |
| BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 7.1 Kesimpulan..... | 63 |
| 7.2 Saran..... | 64 |
| DAFTAR PUSTAKA | |
| LAMPIRAN | |
| BIODATA PENULIS | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1.1 Mobil <i>Pick-Up</i> GEA a.) Tampak Depan b.) <i>Inner Door Panel</i> | 1 |
| Gambar 1.2 Posisi Perbaikan <i>Handle</i> Pemutar Kaca Jendela [Alengga, 2012] | 2 |
| Gambar 2.1 Mobil <i>Pick-Up</i> GEA a.) Tampak Samping b.) <i>Inner Door Panel</i> | 5 |
| Gambar 2.2 <i>Single Tool</i> | 6 |
| Gambar 2.3 <i>Blanking dan Piercing</i> | 13 |
| Gambar 2.4 <i>Embossing</i> | 13 |
| Gambar 2.5 <i>Manual Window Regulator</i> | 15 |
| Gambar 2.6 <i>Power Window Regulator</i> | 15 |
| Gambar 2.7 <i>Scissor type Window Regulator</i> | 16 |
| Gambar 2.8 <i>Cable type Window Regulator</i> | 16 |
| Gambar 3.1 <i>Inner Door Panel</i> Mobil <i>Pick-Up</i> GEA..... | 22 |
| Gambar 3.2 Pengembangan <i>Inner Door Panel</i> | 23 |
| Gambar 4.1 Alur Langkah analisa Frekuensi Natural Getaran Pada <i>Software Analisa</i> | 27 |
| Gambar 4.2 Hasil Analisa Frekuensi Natural <i>Inner Door Panel</i> | 28 |
| Gambar 4.3 Nilai Frekuensi Natural <i>Inner Door Panel</i> | 29 |
| Gambar 4.4 Alur Langkah analisa Tegangan Pada <i>Software Analisa</i> | 29 |
| Gambar 4.5 Hasil Analisa Tegangan <i>Inner Door Panel</i> | 30 |
| Gambar 4.6 Nilai Tegangan <i>Inner Door Panel</i> | 31 |
| Gambar 5.1 Proses <i>Trimming</i> | |
| a.) Sebelum Proses <i>Trimming</i> | 33 |
| b.) Sesudah Proses <i>Trimming</i> | 33 |
| Gambar 5.2 Proses <i>Embossing</i> | |
| a.) Sebelum Proses <i>Embossing</i> | 34 |
| b.) Sesudah Proses <i>Embossing</i> | 34 |
| Gambar 5.3 Proses <i>Piercing</i> | |
| a.) Sebelum Proses <i>Piercing</i> | 34 |
| b.) Sesudah Proses <i>Piercing</i> | 34 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5.4 <i>window regulator</i> yang disarankan untuk mobil <i>pick-up</i> multiguna | 36 |
| Gambar 6.1 <i>Trimming Dies</i> | 44 |
| Gambar 6.2 <i>Trimming Stripper</i> | 46 |
| Gambar 6.3 <i>Trimming Punch</i> | 49 |
| Gambar 6.4 <i>Embossing Dies</i> | 51 |
| Gambar 6.5 <i>Embossing Stripper</i> | 52 |
| Gambar 6.6 <i>Embossing Punch</i> | 55 |
| Gambar 6.7 <i>Piercing Dies</i> | 57 |
| Gambar 6.8 <i>Piercing Stripper</i> | 59 |
| Gambar 6.9 <i>Piercing Punch</i> | 62 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. <i>Upper-Lower Plate Thickness</i> | 8 |
| Tabel 2.2. Konstanta <i>stripper</i> | 9 |
| Tabel 2.3. Konstanta <i>dies</i> | 10 |
| Tabel 2.4. Persentase Allowance | 11 |
| Tabel 2.5. Koefisien Material Embossing | 12 |
| Tabel 2.6. Nilai K_r | 14 |
| Tabel 3.1. <i>List of Requirements Inner Door Panel</i> | 21 |
| Tabel 5.1. Perbandingan <i>Window Regulator</i> Berdasarkan Jenis | 35 |
| Tabel 5.2. Perbandingan <i>Window Regulator</i> Berdasarkan Tenaga Penggerak..... | 35 |
| Tabel 5.3. Data Spesifikasi Mesin Press Perusahaan Karoseri.. | 40 |

DAFTAR NOTASI

| | | |
|-----------------|---|--|
| σ_{comp} | = | Tegangan kompresi <i>punch</i> (kg/mm ²) |
| σ_{ijin} | = | Tegangan kompresi ijin material <i>punch</i> (kg/mm ²) |
| σ_s | = | Tegangan geser material plat (kg/mm ²) |
| L | = | Lintasan potong oleh <i>punch</i> (mm) |
| t | = | Tebal plat (mm) |
| A | = | Luas penampang <i>punch</i> (mm) |
| $L_{p\ max}$ | = | Panjang maksimum <i>punch</i> (mm) |
| I_m | = | Momen inersia penampang <i>punch</i> (kg m ²) |
| E | = | Modulus elastisitas material <i>punch</i> (kg/mm ²) |
| F_{strip} | = | Gaya <i>stripper</i> (N) |
| F_s | = | Gaya potong oleh <i>punch</i> (N) |
| C_{strip} | = | Konstanta <i>stripper</i> |
| h_s | = | Tebal <i>stripper</i> (mm) |
| W | = | Lebar Plat (mm) |
| h_d | = | Tebal <i>dies</i> (mm) |
| a | = | Panjang <i>dies</i> (mm) |
| b | = | Lebar <i>dies</i> (mm) |
| C_d | = | Konstanta <i>dies</i> |
| c | = | <i>Clearance</i> (mm) |
| k | = | Koefisien tipe <i>dies</i> (0.005) |
| σ_u | = | Tegangan <i>ultimate</i> material plat (MPa) |
| F_e | = | Gaya <i>emboss</i> oleh <i>punch</i> (N) |
| A_e | = | Luas daerah <i>emboss</i> (mm ²) |
| K_r | = | Resistensi deformasi (N/mm ²) |

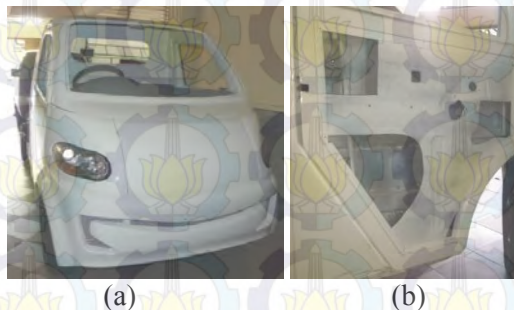
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

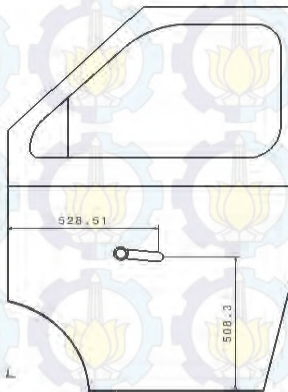
Semakin berkembangnya teknologi mengikuti kemajuan jaman, menuntut daerah pedesaan untuk semakin maju dan berkembang mengejar ketertinggalan. Oleh karena itu pemerintah sudah memulai proyek pengembangan suatu alat transportasi yang dikhususkan untuk dipergunakan pada wilayah pedesaan di Indonesia. Alat transportasi tersebut adalah mobil *pick-up* multiguna yang ditujukan untuk menunjang berkembangnya tingkat perekonomian masyarakat pedesaan.

Mobil *pick-up* multiguna ini merupakan pengembangan dari mobil GEA yang dirancang ulang dan dimodifikasi sedemikian rupa agar bisa menjadi alat transportasi yang sesuai dengan kebutuhan masyarakat pedesaan saat ini. Mobil *pick-up* multiguna yang dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.1.a. Proses pembuatan mobil *pick-up* multiguna ini dilakukan dengan cara menggabungkan beberapa komponen penyusun utama sehingga bisa menjadi sebuah mobil secara utuh. Salah satu contoh komponen penyusun utama dari mobil multiguna pedesaan ini adalah bagian pintu mobil.



Gambar 1.1 Mobil *Pick-Up* GEA a.) Tampak Depan b.) *Inner Door Panel*

Pintu mobil pick-up multiguna ini terdiri atas 2 bagian plat metal yang disatukan menjadi sebuah pintu yang utuh. 2 bagian plat metal tersebut adalah plat metal pintu bagian luar dan plat metal pintu bagian dalam atau *Inner Door Panel* (gambar 1.1.b). Pada tahun 2012, Alengga M. Z. Ciwi telah melakukan penelitian terhadap posisi *handle* pengatur kaca jendela mobil GEA. Hal tersebut ditujukan untuk kenyamanan posisi pengendara maupun penumpang ketika hendak menaikkan atau menurunkan posisi kaca jendela mobil agar tidak terjadi cedera. Posisi *handle* pemutar kaca jendela yang diusulkan oleh Alengga M. Z. Ciwi dapat dilihat pada Gambar 1.2 yang menunjukkan bahwa posisi ini aman bagi pengemudi karena pergerakan otot tubuh tidak berlebihan.



Gambar 1.2 Posisi Perbaikan *Handle* Pemutar Kaca Jendela [Alengga, 2012]

Agar rancangan sesuai dengan kebutuhan, maka evaluasi rancangan perlu dilakukan dari produk yang sudah ada. Jika ada yang kurang, maka akan dilakukan perbaikan dan perancangan proses pembuatan *inner door panel* beserta dengan rancangan *punch and dies*-nya

Dalam pembuatan *inner door panel* tersebut diperlukan beberapa proses pembentukan, sehingga perlu direncanakan jenis dan urutan proses yang akan dilakukan. Agar dapat diproduksi secara massal, maka dilakukan perancangan proses pembuatan dengan peralatan yang sesuai agar didapatkan bentuk dan ukuran yang sama.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Bagaimanakah proses perancangan *inner door panel*
- b. Bagaimanakah perancangan *punch and dies* untuk *inner door panel*
- c. Bagaimanakah pemilihan *window regulator*

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Merancang *inner door panel* mobil *pick-up* yang baru
- b. Merancang *punch and dies* untuk *inner door panel* mobil *pick-up* yang baru
- c. Menentukan pemilihan *window regulator*

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

- a. Bagian yang dirancang adalah *inner door panel* mobil *pick-up* multiguna
- b. Material yang digunakan untuk *inner door panel* adalah plat ASTM A1011 grade 30 dengan ketebalan 0.7 mm
- c. Mesin Press Tool yang digunakan adalah merk INOUE Machinery Corporation WSF-300 dengan kapasitas 300 ton
- d. Perhitungan gaya-gaya yang dibahas hanya yang terjadi pada *punch and dies*
- e. Komponen standar pada *press tool* dan perlengkapan aksesoris *punch and dies* tidak dibahas

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat pada semua pihak. Manfaat dari penelitian ini adalah:

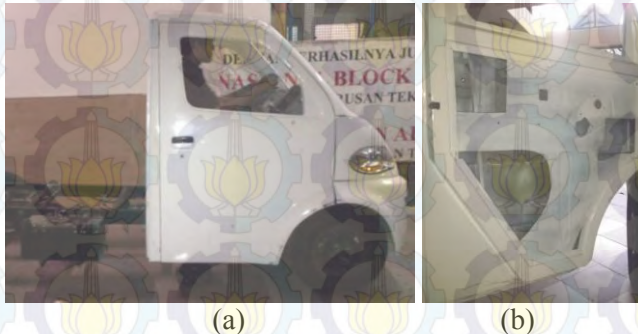
- a. Memperkaya dan memperdalam wacana dalam bidang ilmu manufaktur khususnya mengenai perancangan *inner door panel, punch and dies* serta *window regulator*.
- b. Memberikan kontribusi nyata pada pengembangan teknologi perancangan *inner door panel, punch and dies* serta *window regulator*, demi terciptanya kemajuan teknologi nasional.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Inner Door Panel

Inner door panel mobil terbuat dari lembaran plat baja yang telah di-*forming* sesuai dengan bentuk desain yang telah ditentukan. Untuk proses *assembly*, plat metal pintu bagian dalam (*inner door panel*) akan dilas bersama dengan plat metal pintu bagian luar sehingga akan terbentuk menjadi satu bagian pintu yang utuh.



Gambar 2.1 Mobil *Pick-Up* GEA a.) Tampak Samping b.) *Inner Door Panel*

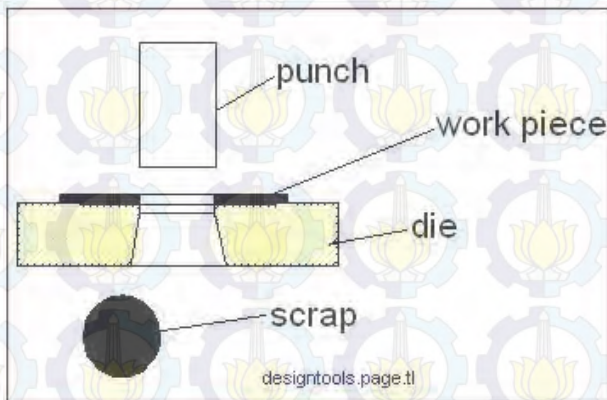
2.2. Proses Pengerjaan Dingin

Proses pengerjaan dingin atau *cold working* didefinisikan sebagai perubahan bentuk secara plastis dari logam dibawah temperatur rekristalisasi, yaitu temperatur dimana mulai terjadi pertumbuhan kristal baru dari kristal lama dalam logam yang telah mengalami deformasi.

Pada umumnya setiap proses pengerjaan dingin dikerjakan pada temperatur kamar, sedangkan pada kasus-kasus tertentu dikerjakan pada temperatur tinggi, tetapi masih tetap dibawah temperatur rekristalisasinya. Tujuan dari pemanasan ini adalah untuk menaikkan sifat ulet (*ductility*) dari bahan logam.

2.3. Single Press Tool

Single Press Tool hanya memiliki satu macam operasi pada satu stasiun. Pengerjaan dilakukan hanya dengan satu langkah saja yaitu dengan cara memasukkan benda kerja yang akan dibentuk ke dalam *Press Tool* tersebut dan akan menghasilkan benda kerja jadi ataupun benda kerja setengah jadi yang masih dapat untuk diproses lebih lanjut.



Gambar 2.2 *Single Tool*

(<http://designtools.page.tl/Typs-of-press-tools.htm>)

2.4. Komponen Press Tool

2.4.1. Punch

Punch adalah pemotong atau pembentuk bagian atas dari *Press Tool* yang digunakan untuk menekan benda kerja ke arah *dies*. Besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari bahan *punch* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.1) [Suchy, 2006]:

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A} \quad \text{dimana} \quad \sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin} \quad (2.1)$$

Ket:

σ_{comp} = Tegangan kompresi *punch* (kg/mm²)

σ_{ijin} = Tegangan kompresi ijin material *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

A = Luas penampang *punch* (mm)

Panjang *punch* maksimum yang digunakan agar tidak patah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) [Boljanovic,2004]:

$$L_{p\max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_m}{4 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_s}} \quad (2.2)$$

Ket:

$L_{p\max}$ = Panjang maksimum *punch* (mm)

I_m = Momen inersia penampang *punch* (kg m²)

E = Modulus elastisitas material *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

2.4.2. *Punch Holder*

Punch Holder adalah bagian yang berfungsi sebagai tempat terpasangnya *punch*.

2.4.3. *Upper dan Lower Plate*

Upper Plate adalah bagian yang berfungsi sebagai penahan *punch holder* dan *punch*, sedangkan *Lower Plate* adalah bagian yang berfungsi sebagai blok tempat terpasangnya *dies* dan juga sebagai *mounting* pada meja mesin. Tebal *upper dan lower plate* dapat diketahui melalui tabel 2.1 berikut. [Sharma, 1999]

Tabel 2.1 *Upper-Lower Plate Thickness*

| <i>Cutting Force (kN)</i> | <i>Upper-Lower Plate Thickness (mm)</i> |
|---------------------------|---|
| Up to 100 | 38 |
| 100 to 300 | 50 |
| 300 to 600 | 63.5 |
| 600 to 900 | 76 |
| 900 to 1200 | 89 |
| 1200 to 1500 | 101.5 |
| 1500 to 2000 | 127 |
| Over 2000 | 152.5 |

[Sharma, P.C. ATB of Production Engineering, S. Chand, 1999]

2.4.4. Pilot

Pilot adalah bagian yang digunakan sebagai pengarah agar dapat melakukan pengerjaan pada posisi yang tepat dalam *press tool*

2.4.5. Guide post

Guide post adalah komponen *press tool* yang berupa silinder baja. *Guide post* ini berfungsi untuk menjaga kelurusan antara *punch* dengan *die* saat proses pengerjaan berlangsung. *Guide post* ini juga diperlukan untuk pembuatan konstruksi *press tool* maupun perbaikan jika terjadi kerusakan atau penggantian komponen *press tool*.

2.4.6. Spring

Spring atau pegas berfungsi untuk menahan beban yaitu besarnya gaya yang diterima serta panjang defleksinya. *Spring* didesain agar dapat menahan beban yang besarnya dibawah beban maksimal yang bisa diterima.

2.4.7. Shank

Shank adalah bagian yang berfungsi sebagai pemegang rakitan bagian yang bergerak. Dengan melalui *shank*, *presstool* mentransfer gerakan dan gayanya ke punch sehingga terjadi mekanisme *punch* menekan strip.

2.4.8. Stripper

Stripper berfungsi sebagai penahan benda kerja agar tidak tertarik oleh *punch* ketika sedang dilakukan operasi pengerjaan. Besarnya gaya tekan stripper dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3) [Boljanovic, 2004]

$$F_{strip} = F_s \cdot C_{strip} \quad (2.3)$$

Ket:

F_{strip} = Gaya *stripper* (N)

F_s = Gaya potong oleh *punch* (N)

C_{strip} = Konstanta *stripper*

Nilai dari konstanta *stripper* dapat diketahui melalui tabel 2.2 berikut. [Boljanovic, 2004]

Tabel 2.2 Konstanta *stripper*

| Material Thickness (mm) | Type of Work Processes | | |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | Simple Punching or Blanking | Compound Punching or Blanking | Punching and Blanking at same time |
| Up to 1.0 | 0.02 to 0.06 | 0.06 to 0.08 | 0.10 to 0.12 |
| 1.0 to 5.0 | 0.06 to 0.08 | 0.10 to 0.12 | 0.12 to 0.15 |
| Over 5.0 | 0.08 to 0.10 | 0.12 to 0.15 | 0.15 to 0.20 |

[Boljanovic, V. Sheet Metal Forming Processes and Die Design, Industrial Press Inc. Tennessee, 2004]

Tebal *stripper* juga dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.4). [Sharma, 1999]

$$h_s = \frac{1}{8} \left(\frac{W}{3} + 16t \right) \quad (2.4)$$

Ket:

h_s = Tebal *stripper* (mm)

W = Lebar Plat (mm)

T = Tebal Plat (mm)

2.4.9. Dies

Dies adalah bagian yang berfungsi sebagai cetakan atau alat bantu pemotongan yang bentuknya telah disesuaikan dengan desain benda kerja dan *punch*. Tebal minimum *dies* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.5) [Boljanovic, 2004]

$$h_d = (10 + 5t + 0,7\sqrt{a + b}) C_d \quad (2.5)$$

Ket:

h_d = Tebal *dies* (mm)

t = Tebal Plat (mm)

a = Panjang *dies* (mm)

b = Lebar *dies* (mm)

C_d = Konstanta *dies*

Nilai dari konstanta *dies* dapat diketahui melalui tabel 2.3 berikut. [Boljanovic, 2004]

Tabel 2.3 Konstanta *dies*

| σ_u material <i>dies</i> (MPa) | 117 | 245 | 392 | 784 |
|--|-----|-----|-----|-----|
| C_d | 0.6 | 0.8 | 1.0 | 1.3 |

[Boljanovic, V. Sheet Metal Forming Processes and Die Design, Industrial Press Inc. Tennessee, 2004]

2.5. Clearance

Clearance adalah kelonggaran antara die dengan punch agar proses dapat terjadi. Pada proses *piercing*, *clearance* diberikan pada die sedangkan pada blanking, *clearance* diberikan pada *punch*. Besarnya *clearance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6a) [Boljanovic, 2004] dan persamaan (2.6b) [Pollack, 1988]

$$c = \frac{k \cdot t \cdot \sqrt{0.7 \sigma_u}}{2} \quad (2.6a)$$

Ket:

- c** = Clearance (mm)
t = Tebal Plat (mm)
k = Koefisien tipe *dies* (0.005)
 σ_u = Tegangan *ultimate* plat

$$c = a \cdot t \quad (2.6b)$$

Ket:

- c** = Clearance (mm)
t = Tebal Plat (mm)
a = Allowance (%)

Nilai dari *allowance* dapat diketahui melalui tabel 2.4 berikut.
 [Pollack, 1988]

Tabel 2.4 Persentase Allowance

| Material | Clearance allowance (%) |
|--------------|-------------------------|
| Aluminium | 6.0 |
| Brass | 3.0 |
| Copper | 3.0 |
| Soft Steel | 3.0 |
| Medium Steel | 3.5 |
| Hard Steel | 4.0 |

[Pollack, H,W. Tool Design, Prentice Hall. New York, 1988]

Pada proses *embossing*, persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *clearance* dapat menggunakan pendekatan dari persamaan *clearance* pada proses *drawing*. Besarnya *clearance* pada proses *embossing* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.7). [Boljanovic, 2004]

$$c_e = t + k_e (\sqrt{10t}) \quad (2.7)$$

Ket:

c_e = *Clearance embossing* (mm)

t = Tebal Plat (mm)

k_e = Koefisien material *embossing*

Nilai dari koefisien material *embossing* dapat diketahui melalui tabel 2.5 berikut. [Boljanovic, 2004]

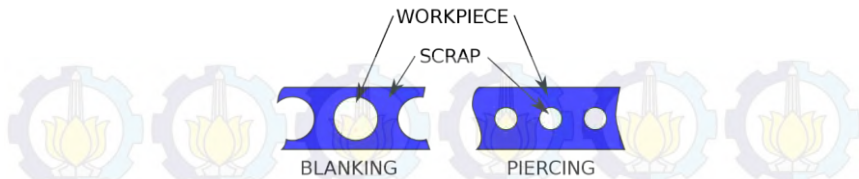
Tabel 2.5 koefisien material *embossing*

| Material | Koefisien k_e |
|-------------------|-----------------|
| Steel sheet | 0.07 |
| Aluminium sheet | 0.02 |
| Other metal sheet | 0.04 |

[Boljanovic, V. Sheet Metal Forming Processes and Die Design, Industrial Press Inc. Tennessee, 2004]

2.6. *Blanking dan Piercing*

Blanking adalah salah satu proses pemotongan plat dimana bagian yang dipotong merupakan benda yang digunakan, sedangkan proses *piercing* merupakan kebalikan dari proses *blanking*. *Scrap* merupakan sisa pelat yang tidak digunakan.



Gambar 2.3 *Blanking dan Piercing*

(<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blankingvspiercing.svg>)

Besarnya gaya potong pada proses *blanking* dan *piercing* dapat dihitung menggunakan persamaan (2.8). [Boljanovic, 2004]

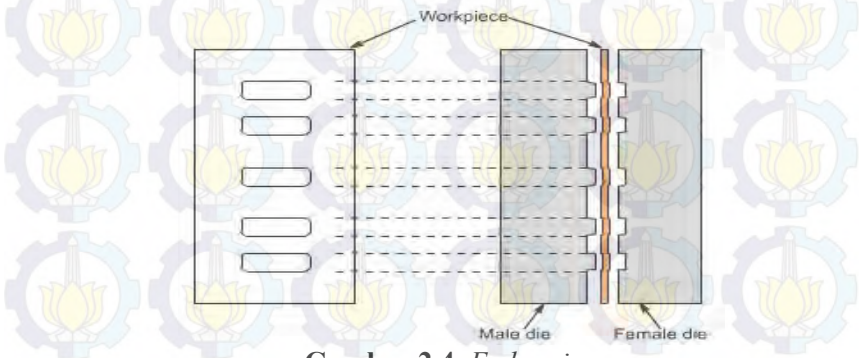
$$F_s = 0.7 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_u \quad (2.8)$$

Ket:

- F_s = Gaya potong oleh *punch* (N)
- t = Tebal Plat (mm)
- L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)
- σ_u = Tegangan *ultimate* plat (MPa)

2.7. Embossing

Embossing adalah proses *stretch forming* atau proses pembentukan logam dari suatu bentuk lembaran plat menjadi bentuk yang diinginkan melalui proses penarikan sebagian atau keseluruhan dari material dasar sehingga teregang secara plastis.



Gambar 2.4 *Embossing*

(<http://designtools.page.tl/Press-Tool-Operation.htm>)

Besarnya gaya *emboss* pada proses *embossing* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.9). [Tschaetch, 2006]

$$F_e = K_r \cdot A_e \quad (2.9)$$

Ket :

F_e = Gaya *emboss* oleh *punch* (N)

A_e = Luas daerah *emboss* (mm²)

K_r = Resistensi deformasi (N/mm²)

Nilai dari Resistensi deformasi dapat diketahui melalui tabel 2.6 berikut. [Tschaetch, 2006]

Tabel 2.6 Nilai K_r

| Material | R_m in N/mm ² | loose punch k_r in N/mm ² | tight-fitting punch | |
|---------------------------------|-------------------------------|---|----------------------------------|--|
| | | | sheet thickness in mm | k_r in N/mm ² |
| Aluminium 99 % | 80 to 100 | 50 to 80 | up to 0.4 0.4 to 0.7 | 80 to 120 60 to 100 |
| Brass Ms 63 | 290 to 410 | 200 to 300 | up to 0.4 0.4 to 0.7 > 0.7 | 1000 to 1200 700 to 1000 600 to 800 |
| Copper, soft | 210 to 240 | 100 to 250 | up to 0.4 0.4 to 0.7 > 0.7 | 1000 to 1200 700 to 1000 600 to 800 |
| Steel (deep drawing quality) | 280 to 420 | 350 to 400 | up to 0.4 0.4 to 0.7 > 0.7 | 1800 to 2500 1250 to 1600 1000 to 1200 |
| St 12-3; St 13-3 | | | | |
| Stainless steel | 600 to 750 | 600 to 900 | up to 0.4 0.4 to 0.7 > 0.7 | 2200 to 3000 1600 to 2000 1200 to 1500 |

[Tschaetsch, H. Metal Forming Practise. Springer. Berlin, 2006]

2.8. Penggerak Kaca Jendela Mobil (*Window Regulator*)

Berdasarkan tenaga penggerakannya, penggerak kaca jendela mobil dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

2.8.1 *Manual Window Regulator*

Manual window regulator adalah desain paling dasar dari mekanisme penggerak kaca jendela mobil. Tenaga penggerak dari

jenis mekanisme ini masih memanfaatkan tenaga dari putaran tangan pengendara ataupun penumpang mobil.

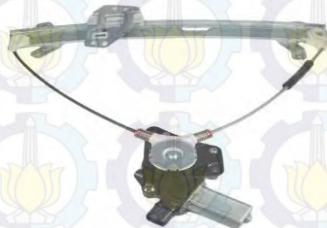


Gambar 2.5 *Manual Window Regulator*

(<http://www.1aauto.com/content/articles/replacement-window-regulators.html>)

2.8.2 Power Window Regulator

Power window regulator adalah pengembangan dari desain *mekanisme* penggerak kaca jendela mobil manual. Tenaga penggerak dari jenis mekanisme ini sudah menggunakan motor listrik.



Gambar 2.6 *Power Window Regulator*

(<http://www.1aauto.com/content/articles/replacement-window-regulators.html>)

Berdasarkan jenisnya, penggerak kaca jendela mobil dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

2.8.3 Scissor Type Window Regulator

Scissor type window regulator adalah jenis penggerrak kaca jendela yang paling umum berada di pasaran. Seperti

namanya, desain *scissor type window regulator* mirip seperti model sebuah gunting.



Gambar 2.7 *Scissor type Window Regulator*

(<http://www.1aauto.com/content/articles/replacement-window-regulators.html>)

2.8.4 Cable Type Window Regulator

Cable Type Window Regulator adalah jenis penggerak kaca jendela yang memanfaatkan kabel untuk mengangkat dan menurunkan posisi kaca jendela mobil.



Gambar 2.8 *Cable type Window Regulator*

(<http://www.1aauto.com/content/articles/replacement-window-regulators.html>)

2.9. Frekuensi Natural Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar, sehingga kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (*engineering*) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya.

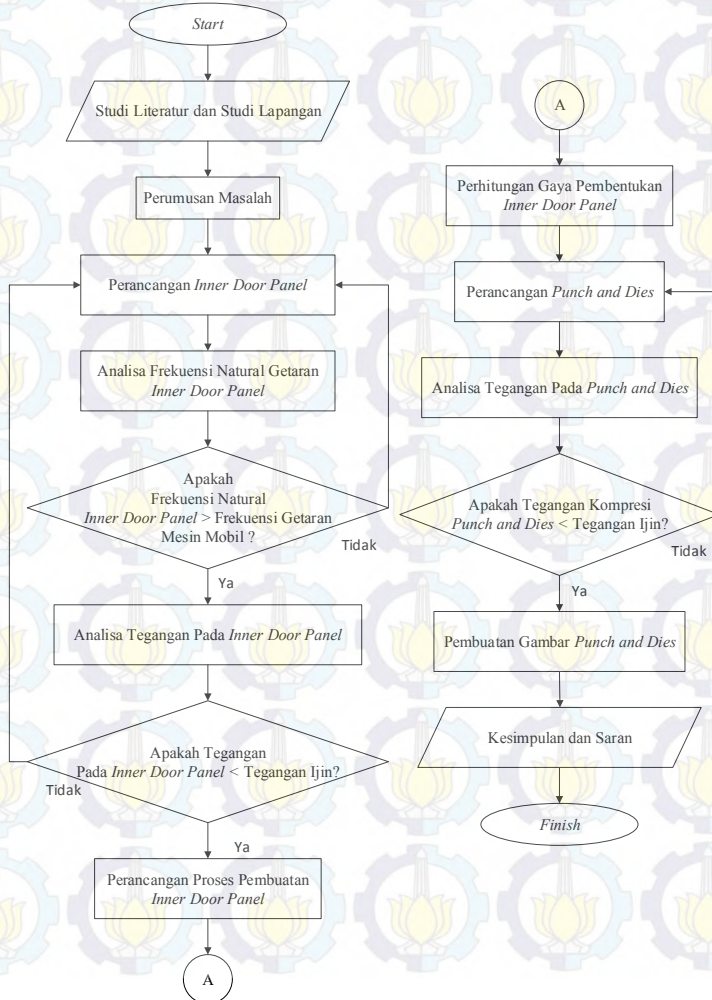
Fenomena yang berkaitan erat dengan frekuensi natural adalah peristiwa resonansi, yaitu ikut bergetarnya sebuah benda karena getaran benda lain di sekitarnya. Frekuensi natural adalah frekuensi di mana sistem berosilasi ketika sistem itu terganggu. Frekuensi natural menjadi penting karena berbagai alasan, diantaranya:

- Segala sesuatu di alam semesta memiliki frekuensi natural, dan banyak hal yang memiliki lebih dari satu frekuensi natural.
- Jika diketahui frekuensi natural suatu objek, maka akan diketahui juga bagaimana objek itu akan bergetar.
- Jika diketahui bagaimana suatu objek bergetar, maka akan diketahui juga jenis gelombang yang akan dihasilkan.
- Jika ingin membuat jenis tertentu dari gelombang, harus membuat objek dengan frekuensi natural yang sesuai dengan gelombang yang diinginkan.

Frekuensi natural tergantung pada banyak faktor, seperti kekakuan, panjang atau berat dari suatu objek. Frekuensi natural sistem dapat dirubah dengan mengubah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi ukuran, inersia, atau kekuatan dalam sistem.

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

3.1 Diagram Alir Metodologi Perancangan



3.2. Tahap Perancangan

3.2.1. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Langkah pertama dalam perancangan dimulai dengan studi literatur dan berikutnya dilakukan pengumpulan data di lapangan sebagai berikut:

- a. Standard pembuatan, Perawatan dan Perbaikan *Punch and Dies*
- b. Jenis-jenis penggerak kaca jendela mobil
- c. Spesifikasi produk
- d. Spesifikasi mesin yang akan digunakan

3.2.2. Perumusan Masalah

Dari data yang telah didapatkan, maka perumusan masalahnya adalah:

- a. Bagaimanakah proses perancangan *inner door panel*
- b. Bagaimanakah desain yang digunakan pada perancangan *punch and dies* untuk *inner door panel*
- c. Bagaimanakah pemilihan *window regulator*

3.2.3. Perancangan *Inner Door Panel*

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam proses perancangan *inner door panel* adalah sebagai berikut:

- a. Penyusunan *List of Requirements* (daftar kebutuhan)

Berikut adalah *list of requirements* yang dibutuhkan dalam proses pengembangan *inner door panel* :

Tabel 3.1 *List of Requirements Inner Door Panel*

| No. | List of Requirements Inner Door Panel | Keterangan | |
|-----|--|------------|--|
| 1. | Spesifikasi Dimensi <i>inner door panel</i> | 1. | Tinggi (sisi kanan) = 640 mm |
| | | 2. | Tinggi (sisi kiri) = 306 mm |
| | | 3. | Lebar (sisi atas) = 815 mm |
| | | 4. | Lebar (sisi bawah) = 473.5 mm |
| | | 5. | Radius = 455 mm |
| 2. | Material | 1. | Plat Steel ASTM A1011 dengan tebal 0,7 mm. |
| 3. | Kekuatan | 1. | Kuat dan tahan lama |
| 4. | Manufaktur | 1. | Dapat dimanufaktur |
| | | 2. | Waktu pembuatan singkat |
| | | 3. | Biaya pembuatan tidak mahal |
| 5. | Kelengkapan | 1. | Dilengkapi dengan pemegang kaca |
| | | 2. | Dilengkapi dengan lubang speaker |
| 6. | Keamanan | 1. | Aman digunakan |

b. Produk *Existing*

Produk *existing* ini berasal dari *inner door panel* mobil GEA berwarna putih buatan PT. INKA. Jika dilihat dari aspek fungsional, desain *inner door panel* mobil GEA ini juga terlihat kurang efisien. Posisi peletakan lubang untuk pemasangan dan perawatan komponen bagian dalam pintu mobil terlihat kurang beraturan. Posisi *handle* pengatur kaca jendela pada pintu mobil ini juga tidak nyaman ketika diputar dan dapat mengakibatkan cedera karena adanya pergerakan otot tubuh yang berlebihan [Alengga, 2012]. Untuk itu dilakukan pengembangan *inner door panel* agar menjadi lebih praktis dan efisien. Dari studi lapangan yang telah dilakukan, uraian dari fungsi lubang pada *inner door panel* dari mobil GEA adalah sebagai berikut:



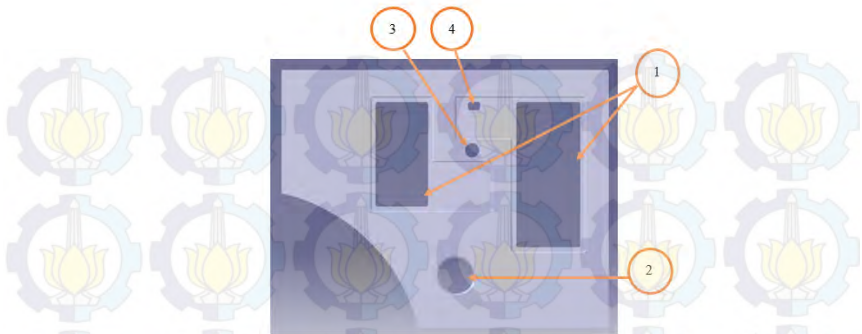
Gambar 3.1 *Inner Door Panel* Mobil *Pick-Up* GEA

Keterangan:

1. Lubang untuk pemasangan dan perawatan *door lock*
2. Lubang untuk perawatan kaca jendela
3. Lubang untuk pemutar *window regulator*
4. Lubang untuk pemasangan dan perawatan *window regulator*

c. Pengembangan *Inner Door Panel*

Pengembangan *inner door panel* memiliki desain sederhana dengan susunan lubang yang lebih efisien dan berfungsi untuk pemasangan, perawatan ataupun penggantian komponen yang berada di bagian dalam pintu mobil seperti *window regulator*, *door lock* dan kaca jendela. Posisi lubang pemutar *window regulator* ditempatkan pada bagian tengah *inner door panel* sesuai dengan hasil penelitian Alengga M. Z. Ciwi [2012] agar pengemudi tidak mengalami cedera ketika menaikkan atau menurunkan kaca jendela secara manual akibat dari pergerakan otot yang berlebihan. *Inner door panel* ini juga telah dilengkapi dengan lubang untuk *speaker*, namun untuk pemasangan *speaker* itu sendiri bersifat *optional*. Rancangan *inner door panel* dapat dilihat pada gambar 3.2:



Gambar 3.2 Pengembangan *Inner Door Panel*

Keterangan :

1. Lubang untuk pemasangan dan perawatan *door lock*, *window regulator*, *speaker* dan kaca jendela
2. Lubang untuk *speaker*
3. Lubang untuk pemutar *window regulator*
4. Lubang untuk *handle door lock*

3.2.4. Analisa Frekuensi Natural Getaran *Inner Door Panel*

Desain dan peletakan posisi *embossing* juga diperhatikan karena *embossing* berfungsi untuk menambah kekakuan pada *inner door panel*. Serta akan dilakukan juga analisa getaran yang terjadi pada *inner door panel*. Getaran yang terjadi disebabkan oleh getaran yang berasal dari mesin mobil ketika mesin dioperasikan (posisi *idle*) ataupun ketika dipacu pada kondisi maksimum. Getaran yang dihasilkan oleh mesin mobil memiliki frekuensi natural sebesar 1000 rpm (posisi *idle*) hingga 5800 rpm (kondisi maksimum). Oleh karena itu akan dilakukan analisa getaran terhadap *inner door panel* agar memiliki nilai frekuensi natural yang lebih besar daripada frekuensi natural getaran yang dihasilkan oleh mesin mobil. Jika nilai frekuensi natural *inner door panel* lebih besar, maka getaran yang terjadi oleh mesin mobil tidak akan mempengaruhi *inner door panel* sehingga tidak

akan ikut bergetar. Karena jika *inner door panel* ikut bergetar, akan terjadi kebisingan yang tidak diinginkan.

Analisa getaran pada *inner door panel* akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa. Apabila hasil analisa getaran pada *inner door panel* memiliki frekuensi natural yang sama atau kurang dari frekuensi natural maksimum mesin mobil, maka akan dilakukan perancangan ulang terhadap desain *embossing* pada *inner door panel* hingga desain yang sesuai didapatkan.

3.2.5. Analisa Tegangan Pada Inner Door Panel

Analisa tegangan pada *inner door panel* perlu dilakukan untuk mengetahui apakah *inner door panel* tersebut aman untuk digunakan atau tidak. Pembebanan yang diberikan untuk melakukan analisa tegangan adalah sebesar 300 N atau setara dengan 30 Kg. Titik uji pembebanan berada pada posisi yang akan di gunakan sebagai lokasi *handle* pintu mobil bagian dalam yaitu pada pusat *inner door panel*. Tegangan yang bekerja pada *inner door panel* akan dibandingkan dengan tegangan ijin material *inner door panel*.

Analisa tegangan pada *inner door panel* akan dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa. Apabila hasil analisa tegangan pada *inner door panel* memiliki nilai yang sama atau lebih dari nilai tegangan ijin material *inner door panel*, maka akan dilakukan perancangan ulang terhadap desain *inner door panel* hingga didapatkan desain yang sesuai.

3.2.6. Perancangan Proses Pembuatan Inner Door Panel

Proses pembuatan *inner door panel* terbagi atas 3 macam proses. Proses yang pertama adalah *trimming*, kemudian yang kedua adalah *embossing* dan proses yang ketiga adalah *pierching*.

3.2.7. Perhitungan Gaya Pembentukan Inner Door Panel

Pada tahap ini akan dihitung gaya potong dan pembentukan dari *inner door panel*. Proses yang akan dilakukan

untuk pembentukan *inner door panel* adalah *trimming*, *embossing* dan *piercing*.

3.2.8. Perancangan dan Analisa Tegangan pada *Punch and Dies*

Pada tahap ini perancangan desain dan perhitungann gaya yang bekerja pada *punch and dies* akan dilakukan. Kemudian pemilihan material *punch and dies* akan dilakukan. Langkah berikutnya adalah analisa tegangan kompresi yang terjadi pada *punch and dies* dan dibandingkan dengan tegangan ijin dari materialnya. Apabila hasil analisa tegangan pada *punch and dies* memiliki nilai yang sama atau lebih dari nilai tegangan ijin material *punch and dies*, maka perancangan ulang terhadap desain *punch and dies* akan dilakukan hingga didapatkan desain yang sesuai.

3.2.9. Pembuatan Gambar *punch and dies*

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan gambar dari *punch and dies*.

3.2.10. Kesimpulan dan Saran

Hasil dari perancangan dan proses pembuatan *inner door panel* mobil *pick-up* multiguna ini akan dirangkum menjadi suatu kesimpulan. Saran juga sangat diperlukan agar kelak laporan penelitian ini bisa dikembangkan secara lebih baik lagi.

BAB IV

ANALISA FREKUENSI NATURAL GETARAN DAN ANALISA TEGANGAN PADA *INNER DOOR PANEL*

4.1. Alur Langkah Analisa Frekuensi Natural Getaran Pada *Software Analisa*



Gambar 4.1 Alur Langkah Analisa Frekuensi Natural
Getaran Pada Software Analisa

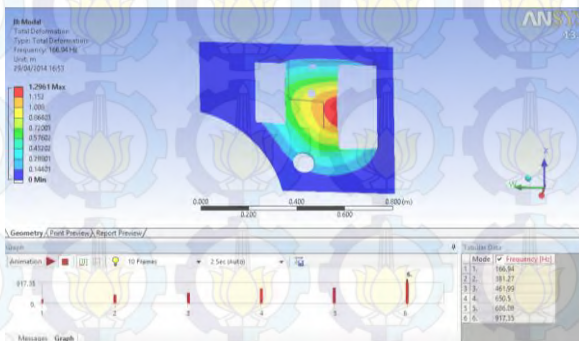
Langkah pertama software analisa dibuka, kemudian pada menu “toolbox”, “modal” dipilih. Langkah selanjutnya untuk memasukkan data desain, maka menu “geometry” dipilih. Berikutnya untuk memasukkan data “support” yang diinginkan, maka menu “model” dipilih, kemudian menu “deformation” dipilih. Untuk memasukkan data pengaturan analisa, menu “analysis setting” dipilih. Pengaturan “default” pada menu

“analysis setting”, sebanyak 6 data hasil analisa frekuensi natural akan ditampilkan, namun pengaturan ini bisa diubah sesuai dengan kebutuhan. Langkah selanjutnya menu “solve” dipilih, kemudian untuk menampilkan data hasil deformasi, menu “total deformation” dipilih sehingga data deformasi dan frekuensi natural dapat ditampilkan.

4.2. Analisa Frekuensi Natural Getaran Pada *Inner Door Panel*

Analisa getaran pada desain *inner door panel* dilakukan agar dapat diketahui apakah getaran yang dihasilkan oleh mesin mobil dapat berpengaruh pada *inner door panel*. Apabila getaran dari mesin mempengaruhi *inner door panel*, maka akan terjadi kebisingan yang tidak diharapkan akibat pengaruh getaran dari mesin mobil yang merambat ke *inner door panel*.

Getaran yang dihasilkan oleh mesin mobil memiliki frekuensi natural sebesar 1.000 rpm (posisi *idle*) hingga 5.800 rpm (kondisi maksimum). Berikut ini adalah hasil analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa:



Gambar 4.2 Hasil Analisa Frekuensi Natural *Inner Door Panel*

| Tabular Data | | |
|--------------|------|--|
| | Mode | <input checked="" type="checkbox"/> Frequency [Hz] |
| 1 | 1. | 166.94 |
| 2 | 2. | 381.27 |
| 3 | 3. | 461.99 |
| 4 | 4. | 650.5 |
| 5 | 5. | 686.08 |
| 6 | 6. | 917.35 |

Gambar 4.3 Nilai Frekuensi Natural *Inner Door Panel*

Dari gambar 4.2 dapat diketahui bahwa desain *inner door panel* memiliki frekuensi natural sebesar 166,94 Hz atau setara dengan 10.016,4 rpm. Angka tersebut berada jauh di atas frekuensi natural mesin mobil ketika dalam kondisi maksimum yaitu sebesar 5.800 rpm. Maka dapat disimpulkan bahwa getaran yang berasal dari mesin mobil tidak akan berpengaruh terhadap *inner door panel*.

4.3. Alur Langkah Analisa Tegangan Pada *Software Analisa*



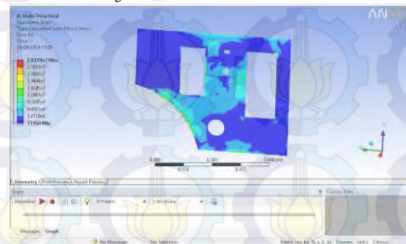
Gambar 4.4 Alur Langkah Analisa Tegangan Pada *Software Analisa*

Langkah pertama software analisa dibuka, kemudian pada menu “toolbox”, “static structural” dipilih. Langkah selanjutnya untuk memasukkan data desain, maka menu “geometry” dipilih. Berikutnya untuk memasukkan data “support” yang diinginkan, maka menu “model” dipilih, kemudian untuk memasukkan nilai pembebanan, menu “load” dipilih. Langkah selanjutnya menu “solve” dipilih, kemudian untuk menampilkan data hasil deformasi total dan tegangan ekuivalen, menu “total deformation” dan “equivalent stress” dipilih sehingga data hasil analisa tegangan dapat ditampilkan.

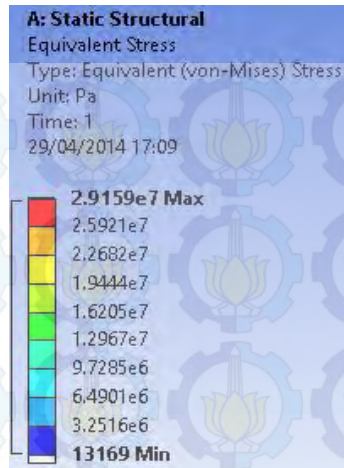
4.4. Analisa Tegangan Pada *Inner Door Panel*

Analisa tegangan pada *inner door panel* dilakukan agar dapat diketahui apakah desain ini sudah cukup kuat dan aman untuk menahan suatu pembebanan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan pembebanan sebesar 300 Newton atau setara dengan 30 Kg. Posisi pembebanan berada pada pusat *inner door panel* yaitu pada bagian yang akan digunakan sebagai letak *handle* pintu bagian dalam mobil.

Hasil dari analisa tegangan yang diakibatkan oleh pembebanan akan dibandingkan dengan tegangan ijin dari material *inner door panel*. Nilai tegangan ijin yang didapatkan dari *mechanical properties* material *inner door panel* adalah sebesar 136,666 MPa atau setara dengan 13,94 Kg/mm². Berikut ini adalah hasil analisa yang telah dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* analisa:



Gambar 4.5 Hasil Analisa Tegangan *Inner Door Panel*



Gambar 4.6 Nilai Tegangan *Inner Door Panel*

Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa tegangan maksimum terjadi pada daerah yang berwarna merah. Nilai tegangan maksimum pada daerah tersebut adalah $2,9159 \times 10^7$ Pa atau setara dengan $2,97 \text{ Kg/mm}^2$. Nilai tegangan maksimum tersebut lebih kecil daripada tegangan ijin material *inner door panel* yang diijinkan, yaitu $13,94 \text{ Kg/mm}^2$. Hal tersebut menunjukkan bahwa rancangan *inner door panel* akibat gaya pembebanan masih aman.

BAB V

URUTAN PROSES PEMBUATAN *INNER DOOR* PANEL

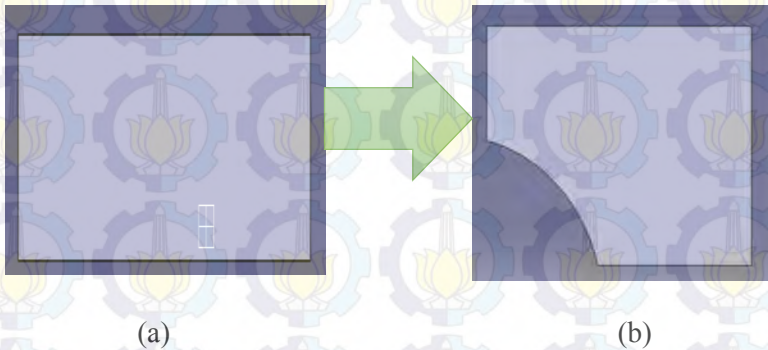
DAN GAYA-GAYA PEMBENTUKANNYA

5.1. Urutan Proses Pembentukan *Inner Door Panel*

Proses pembentukan *inner door panel* terbagi atas 3 macam proses. Proses yang pertama adalah *trimming*, kemudian yang kedua adalah *embossing* dan proses yang ketiga adalah *pierching*.

5.1.1 *Trimming*

Proses *trimming* adalah suatu proses pemotongan atau penghilangan bagian-bagian yang tidak dikehendaki pada suatu material. Berikut ini adalah gambar dari proses *trimming*:

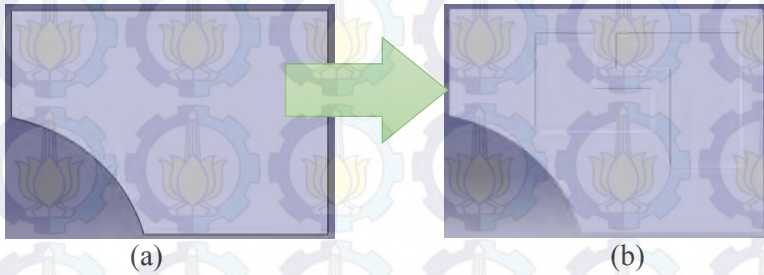


Gambar 5.1 Proses *Trimming* a.) Sebelum Proses *Trimming*
b.) Sesudah Proses *Trimming*

5.1.2 *Embossing*

Proses *embossing* adalah suatu proses *stretch forming* atau proses pembentukan logam dari suatu bentuk lembaran plat menjadi bentuk yang diinginkan melalui proses penarikan

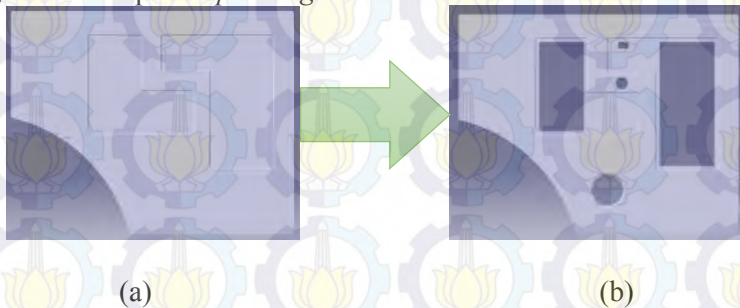
sebagian atau keseluruhan dari material dasar sehingga teregang secara plastis. Berikut ini adalah gambar dari proses *embossing*:



Gambar 5.2 Proses *Embossing* a.) Sebelum Proses *Embossing*
b.) Sesudah Proses *Embossing*

5.1.3 *Piercing*

Proses *piercing* adalah salah satu proses pemotongan atau pelubangan pada bagian tengah suatu plat. Berikut ini adalah gambar dari proses *piercing*:



Gambar 5.3 Proses *Piercing* a.) Sebelum Proses *Piercing* b.)
Sesudah Proses *Piercing*

5.2 Pemilihan *Window Regulator*

Tabel 5.1 Perbandingan *Window Regulator* Berdasarkan Jenis

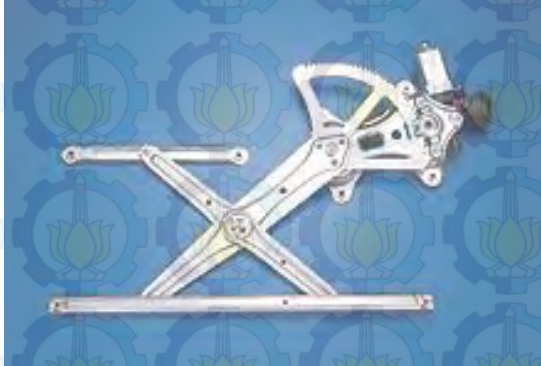
| No. | Kriteria Pemandangan | Jenis <i>Window Regulator</i> | |
|-----|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| | | <i>Scissor type Window Regulator</i> | <i>Cable Type Window Regulator</i> |
| 1. | Kesederhanaan Desain | Sederhana | Kompleks |
| 2. | Harga | Murah | Mahal |
| 3. | Perawatan | Mudah | Sulit |
| 4. | Sumber Tenaga | Mekanis / Elektrik | Elektrik |
| 5. | Kemudahan Operasional | Sulit | Mudah |

Tabel 5.2 Perbandingan *Window Regulator* Berdasarkan Tenaga Penggerak

| No. | Kriteria Pemandangan | Tenaga Penggerak <i>Window Regulator</i> | |
|-----|-----------------------|--|-------------------------------|
| | | <i>Manual Window Regulator</i> | <i>Power Window Regulator</i> |
| 1. | Kemudahan Operasional | Sulit | Mudah |
| 2. | Harga | Murah | Mahal |
| 3. | Perawatan | Mudah | Sulit |
| 4. | Sumber Tenaga | Mekanis | Elektrik |

Berdasarkan 2 tabel perbandingan di atas, maka kelebihan dan kekurangan dari *window regulator* dapat diketahui. Pertimbangan yang dilakukan untuk menentukan pengambilan keputusan terhadap pemilihan *window regulator* adalah dari segi nilai ekonomis dan kemudahan dalam melakukan perawatan. Data dari tabel tersebut menunjukkan bahwa jenis dan tenaga penggerak dari *window regulator* yang memiliki nilai ekonomis paling tinggi cara perawatan paling mudah adalah *Scissor type*

window regulator dengan tenaga penggerak manual. Jenis *window regulator* tersebut adalah yang paling umum dan sederhana. Harga *window regulator* tersebut juga relatif murah di pasaran dengan perawatan yang cukup mudah jika dibandingkan dengan jenis *window regulator* yang lain.



Gambar 5.4 *window regulator* yang disarankan untuk mobil *pick-up* multiguna

5.3. Perhitungan Gaya Pembentukan

Setelah proses pembentukan ditentukan, maka dilakukan analisa gaya-gaya pembentukan yang bekerja pada masing-masing proses. Berikut adalah penjelasannya:

5.3.1 Gaya Pembentukan Pada Proses *Trimming*

a. Gaya *Shearing* Pada Proses *Trimming*

Besar gaya potong pada proses *trimming* sesuai dengan persamaan (2.8). [Boljanovic, 2004]

$$F_s = 0.7 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_u$$

Ket:

F_s = Gaya potong oleh *punch* (N)

t = Tebal Plat (mm)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

σ_u = Tegangan *ultimate* plat

Dimana:

$$t = 0.7 \text{ mm}$$

$$L = 2716.73 \text{ mm}$$

$$\sigma_u = 340 \text{ Mpa} = 340 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maka, } F_s = 0.7 \cdot 2716.73 \cdot 0.7 \cdot 340$$

Sehingga gaya *trimming*

$$F_s = 452507.218 \text{ N} \approx 46184.41 \text{ kg} \approx 46.18 \text{ ton}$$

b. Gaya *Stripper* Pada Proses *Trimming*

Besar gaya *stripper* pada proses *trimming* sesuai dengan persamaan (2.3) [Boljanovic, 2004]

$$F_{strip} = F_s \cdot C_{strip}$$

Ket:

F_{strip} = Gaya *stripper* (N)

F_s = Gaya potong oleh *punch* (N)

C_{strip} = Konstanta *stripper*

Dimana:

$$F_s = 452507.218 \text{ N}$$

$$C_{strip} = 0.06 \text{ (Berdasarkan tabel 2.2)}$$

$$\text{Maka, } F_{strip} = 452507.218 \cdot 0.06$$

Sehingga gaya *stripper*

$$F_{strip} = 27150.43 \text{ N} \approx 2770.45 \text{ kg} \approx 2.77 \text{ ton}$$

$$\text{Maka } F \text{ total : } F_s + F_{strip} = 48.96 \text{ ton}$$

5.3.2 Gaya Pembentukan Pada Proses *Embossing*

a. Gaya *Emboss* Pada Proses *Embossing*

Besar gaya *emboss* pada proses *embossing* sesuai dengan persamaan (2.9). [Tschaeht, 2006]

$$F_e = K_r \cdot A_e$$

Ket :

F_e = Gaya *emboss* oleh *punch* (N)

A_e = Luas daerah *emboss* (mm²)

K_r = Resistensi deformasi (N/mm²)

Dimana:

A_e = 15540 mm²

K_r = 1600 N/mm²

Maka, $F_e = 1600 \cdot 15540$

Sehingga gaya *embossing*

$$F_e = 248640 \text{ N} \approx 25371 \text{ kg} \approx 25.37 \text{ ton}$$

b. Gaya *Stripper* Pada Proses *Embossing*

Besar gaya *stripper* pada proses *embossing* sesuai dengan persamaan (2.3) [Boljanovic, 2004]

$$F_{strip} = F_e \cdot C_{strip}$$

Ket:

F_{strip} = Gaya *stripper* (N)

F_e = Gaya *embossing* (N)

C_{strip} = Konstanta *stripper*

Dimana:

F_e = 248640 N

C_{strip} = 0.06 (Berdasarkan tabel 2.2)

Maka, $F_{strip} = 248640 \cdot 0.06$

Sehingga gaya *stripper*

$$F_{strip} = 14918.4 \text{ N} \approx 1522.28 \text{ kg} \approx 1.52 \text{ ton}$$

Maka F total : $F_e + F_{strip} = 26.89 \text{ ton}$

5.3.3 Gaya Pembentukan Pada Proses *Piercing*

a. Gaya *Shearing* Pada Proses *Piercing*

Besar gaya potong pada proses *piercing* sesuai dengan persamaan (2.8). [Boljanovic, 2004]

$$F_s = 0.7 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_u$$

Ket:

F_s = Gaya potong oleh *punch* (N)

t = Tebal Plat (mm)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

σ_u = Tegangan *ultimate* plat

Dimana:

t = 0.7 mm

L = 2312.64 mm

σ_u = 340 MPa = 340 N/mm²

$$\text{Maka, } F_s = 0.7 \cdot 2312.64 \cdot 0.7 \cdot 340$$

Sehingga gaya *trimming*

$$F_s = 385285.82 \text{ N} \approx 39314.88 \text{ kg} \approx 39.31 \text{ ton}$$

b. Gaya *Stripper* Pada Proses *Piercing*

Besar gaya *stripper* pada proses *piercing* sesuai dengan persamaan (2.3) [Boljanovic, 2004]

$$F_{strip} = F_s \cdot C_{strip}$$

Ket:

F_{strip} = Gaya *stripper* (N)

F_s = Gaya potong oleh *punch* (N)

C_{strip} = Konstanta *stripper*

Dimana:

F_s = 385285.82 N

C_{strip} = 0.06 (Berdasarkan tabel 2.2)

Maka, $F_{strip} = 385285.82 \cdot 0.06$

Sehingga gaya *stripper*

$$F_{strip} = 23117.15 \text{ N} \approx 2358.89 \text{ kg} \approx 2.35 \text{ ton}$$

Maka $F_{total} : F_s + F_{strip} = 41.66 \text{ ton}$

5.4 Perbandingan Gaya Pembentukan dengan Kapasitas Mesin

Setelah gaya pembentukan didapat, maka langkah selanjutnya adalah membandingkan apakah gaya pembentukan mampu atau tidak mampu dikerjakan pada mesin *press* yang tersedia. Berikut ini adalah spesifikasi dari mesin *press* yang ada:

Tabel 5.3 Data Spesifikasi Mesin Press Perusahaan Karoseri

| | |
|-----------------------|-------------------------------------|
| Merek | INOUE Machinery Corporation WSF-300 |
| Model | WSF-300 |
| Tipe | Presses,Hydroulic |
| Tonnase | 300 T / 272.2 T |
| Stroke | 31.496 “ / 800 mm |
| Lebar Matras | 47.244 “ / 1.200 mm |
| Panjang Matras | 59.055” / 1,500 mm |
| Daya | 49,6 hp / 37 Kw |
| Dimensi | 2100 x 1800 x 5450 mm |

Berikut akan dibandingkan antara kapasitas mesin dengan gaya pembentukan total setiap proses, untuk menentukan apakah perencanaan bisa dilanjutkan atau tidak sesuai persyaratan. Syarat aman adalah $F_{total} \leq F_{mesin}$.

➤ *Punch-Die Trimming*

Gaya pembentukan total proses *trimming* adalah 48.96 ton sedangkan kapasitas mesin adalah 300 ton, maka proses pembentukan dapat dilakukan

➤ *Punch-Die Embossing*

Gaya pembentukan total proses *embossing* adalah 26.89 ton sedangkan kapasitas mesin adalah 300 ton, maka proses pembentukan dapat dilakukan

➤ *Punch-Die Piercing*

Gaya pembentukan total proses *piercing* adalah 41.66 ton sedangkan kapasitas mesin adalah 300 ton, maka proses pembentukan dapat dilakukan

Dari hasil perbandingan tersebut, maka perencanaan bisa dilanjutkan pada langkah selanjutnya.

BAB VI

PERANCANGAN *PUNCH AND DIES*

6.1 Perhitungan *Punch-Dies Trimming*

6.1.1 Perhitungan Ketebalan *Dies*

Perhitungan tebal minimum *dies* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.5). [Vukota Boljanovic,2004]

$$h_d = (10 + 5t + 0,7\sqrt{a + b}) C_d$$

Ket:

h_d = Tebal *dies* (mm)

t = Tebal Plat (mm)

a = Panjang *dies* (mm)

b = Lebar *dies* (mm)

C_d = Konstanta *dies*

Dimana:

t = 0.7 mm

a = 1000 mm

b = 850 mm

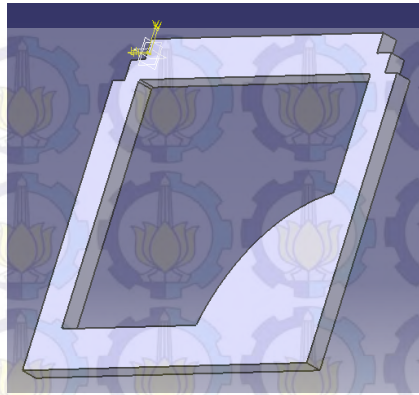
C_d = 1.3 (Berdasarkan tabel 2.3)

Maka
$$h_d = (10 + 5(0.7) + 0,7\sqrt{1000 + 850}) 1.3$$

Sehingga didapatkan tebal minimal *dies* sebesar 56.68 mm \approx 57 mm.

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- BHN = 335
- σ_u = 1158 MPa
- σ_y = 1035 MPa



Gambar 6.1 *Trimming Dies*

6.1.2 Tebal Upper-Lower Plate

Berdasarkan tabel 2.1 [Sharma, 1999], tebal *upper* dan *lower plate* dapat ditentukan. Dengan F_s *trimming* sebesar 452.5 kN, maka didapatkan tebal *upper* dan *lower plate* sebesar 63.5 mm.

6.1.3 Perhitungan *Clearance*

Besarnya *clearance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6a). [Boljanovic, 2004]

$$c = \frac{k \cdot t \cdot \sqrt{0.7 \sigma_u}}{2}$$

Ket:

c = *Clearance* (mm)

t = Tebal Plat (mm)

k = Koefisien tipe *dies* (0.005)

σ_u = Tegangan *ultimate* plat

Dimana:

$$t = 0.7 \text{ mm}$$

$$k = 0.005$$

$$\sigma_u = 340 \text{ Mpa} = 340 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maka, } c = \frac{0.005 \cdot 0.7 \cdot \sqrt{0.7 \cdot 340}}{2}$$

Sehingga didapatkan nilai c sebesar 0.026 mm

Sebagai perbandingan, besarnya *clearance* juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6b) [Pollack, 1988].

$$c = a \cdot t$$

Ket:

c = Clearance (mm)

t = Tebal Plat (mm)

a = Allowance (%)

Dimana:

$$t = 0.7 \text{ mm}$$

$$a = 3.5 \% = 0.035 \text{ (Berdasarkan tabel 2.4)}$$

$$\text{Maka, } c = 0.035 \cdot 0.7$$

Sehingga didapatkan nilai c sebesar 0.024 mm

Nilai rata-rata *clearance* adalah sebesar $\frac{0.026 + 0.024}{2} = 0.025 \text{ mm}$

6.1.4 Perencanaan Stripper

Tebal *stripper* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4). [Sharma, 1999]

$$h_s = \frac{1}{8} \left(\frac{W}{3} + 16t \right)$$

Ket:

h_s = Tebal *stripper* (mm)

W = Lebar Plat (mm)

t = Tebal Plat (mm)

Dimana:

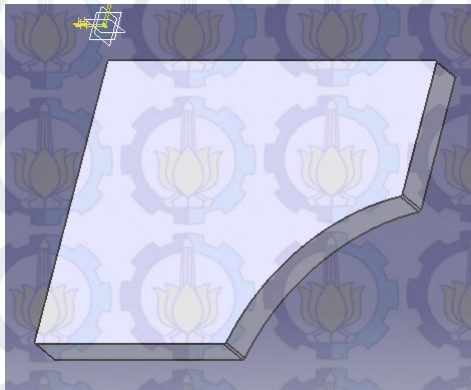
W = 630 mm

t = 0.7 mm

Maka:

$$h_s = \frac{1}{8} \left(\frac{630}{3} + 16(0.7) \right)$$

Sehingga didapatkan tebal *stripper* sebesar 27.65 mm ≈ 28 mm



Gambar 6.2 *Trimming Stripper*

6.1.5 Perbandingan Tegangan Ijin dan Tegangan Kompresi *Punch*

Pada perencanaan *punch* akan dihitung tegangan kompresi. Tegangan tersebut akan digunakan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* agar tidak patah. Besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari material *punch* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.1) [Suchy, 2006]

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A}$$

Ket:

σ_{comp} = Tegangan kompresi *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

A = Luas penampang *punch* (mm)

Dimana:

σ_s = 238 MPa \approx 24.27 kg/mm²

L = 2716.73 mm

t = 0.7 mm

A = 403610 mm

Maka :

$$\sigma_{comp} = \frac{2716.73 \cdot 0.7 \cdot 24.27}{403610}$$

Sehingga didapatkan nilai tegangan kompresi *punch* sebesar 0.11 kg/mm²

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- BHN = 335
- σ_u = 1158 MPa
- σ_y = 1035 MPa

Tegangan ijin material *punch*:

$$\sigma_{ijin} = \frac{1035}{1.5} = 690 \text{ MPa} \approx 70.36 \text{ kg/mm}^2$$

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan

$$\sigma_{comp} = 0.11 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = 70.36 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena nilai tegangan ijin lebih lebih besar daripada nilai tegangan kompresi, maka perencanaan aman.

6.1.6 Perhitungan Panjang *Punch*

Panjang *punch* maksimum yang digunakan agar tidak patah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) [Boljanovic,2004]:

$$L_{p \max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_m}{4 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_s}}$$

Ket:

$L_{p \max}$ = Panjang maksimum *punch* (mm)

I_m = Momen inersia penampang *punch* (kg m²)

E = Modulus elastisitas material *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)
 t = Tebal plat (mm)

Dimana:

$I_m = 823132.16 \text{ (kg m}^2\text{)}$
 $E = 210 \text{ GPa} \approx 21428.57 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$
 $\sigma_s = 24.27 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$
 $L = 2716.73 \text{ (mm)}$
 $t = 0.7 \text{ (mm)}$

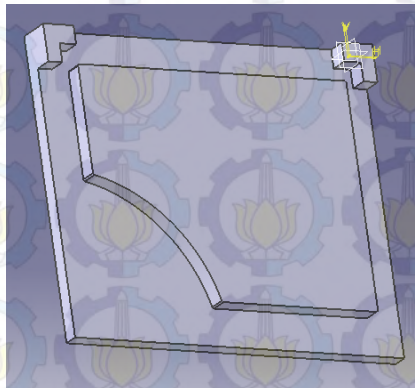
Maka :

$$L_{p \max} = \sqrt{\frac{3.14^2 \cdot 21428.57 \cdot 823132.16}{4 \cdot 2716.73 \cdot 0.7 \cdot 24.27}}$$

Sehingga didapatkan panjang maksimum *punch* sebesar 970.6 mm.

Panjang *punch* tersebut bisa dikurangi sesuai dengan kebutuhan.

Panjang *punch* yang direncanakan adalah 70 mm.



Gambar 6.3 *Trimming Punch*

6.2 Perhitungan *Punch-Dies Embossing*

6.2.1 Perhitungan Ketebalan *Dies*

Perhitungan tebal minimum *dies* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.5). [Vukota Boljanovic, 2004]

$$h_d = (10 + 5t + 0,7\sqrt{a + b}) C_d$$

Ket:

| | | |
|-------|---|--------------------------|
| h_d | = | Tebal <i>dies</i> (mm) |
| t | = | Tebal Plat (mm) |
| a | = | Panjang <i>dies</i> (mm) |
| b | = | Lebar <i>dies</i> (mm) |
| C_d | = | Konstanta <i>dies</i> |

Dimana:

| | | |
|-------|---|-----------------------------|
| t | = | 0.7 mm |
| a | = | 1000 mm |
| b | = | 850 mm |
| C_d | = | 1.3 (Berdasarkan tabel 2.3) |

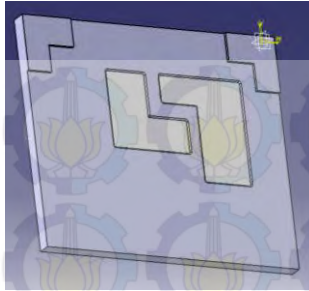
Maka

$$h_d = (10 + 5(0.7) + 0,7\sqrt{1000 + 850}) 1.3$$

Sehingga didapatkan tebal minimal *dies* sebesar 56.68 mm \approx 57 mm

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- BHN = 335
- σ_u = 1158 MPa
- σ_y = 1035 MPa



Gambar 6.4 *Embossing Dies*

6.2.2 Perhitungan Ketebalan Upper-Lower Plate

Berdasarkan tabel 2.1 [Sharma, 1999], tebal *upper* dan *lower plate* dapat ditentukan. Dengan F_e *embossing* sebesar 248 kN, maka didapatkan tebal *upper* dan *lower plate* sebesar 50 mm.

6.2.3 Perhitungan Clearance

Besarnya *clearance* pada proses *embossing* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.7). [Boljanovic, 2004]

$$c_e = t + k_e (\sqrt{10t})$$

Ket:

c_e = Clearance *embossing* (mm)
 t = Tebal Plat (mm)
 k_e = Koefisien material *embossing*

Dimana:

t = 0.7 mm
 k_e = 0.07 (Berdasarkan tabel 2.5)

Maka, $c_e = 0.7 + 0.07 (\sqrt{10 \cdot 0.7})$

Sehingga didapatkan nilai c_e sebesar 0.88 mm

6.2.4 Perencanaan *Stripper*

Tebal *stripper* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4). [Sharma, 1999]

$$h_s = \frac{1}{8} \left(\frac{W}{3} + 16t \right)$$

Ket:

h_s = Tebal *stripper* (mm)

W = Lebar Plat (mm)

t = Tebal Plat (mm)

Dimana:

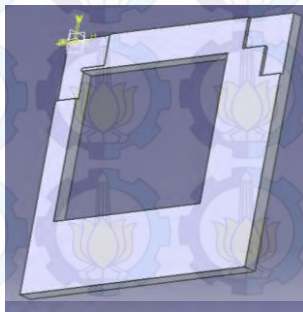
W = 630 mm

t = 0.7 mm

Maka:

$$h_s = \frac{1}{8} \left(\frac{630}{3} + 16(0.7) \right)$$

Sehingga didapatkan tebal *stripper* sebesar 27.65 mm \approx 28 mm



Gambar 6.5 *Embossing Stripper*

6.2.5 Perbandingan Tegangan Ijin dan Tegangan Kompresi Punch

Pada perencanaan *punch* akan dihitung tegangan kompresi. Tegangan tersebut akan digunakan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* agar tidak patah. Besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari material *punch* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.1) [Suchy, 2006]

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A}$$

Ket:

σ_{comp} = Tegangan kompresi *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

A = Luas penampang *punch* (mm)

Dimana:

σ_s = 238 MPa \approx 24.27 kg/mm²

L = 2640 mm

t = 0.7 mm

A = 155400 mm

Maka,
$$\sigma_{comp} = \frac{2640 \cdot 0.7 \cdot 24.27}{155400}$$

Sehingga didapatkan nilai tegangan kompresi *punch* sebesar 0.28 kg/mm²

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

➤ BHN = 335

$$\triangleright \sigma_u = 1158 \text{ MPa}$$

$$\triangleright \sigma_y = 1035 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin material *punch*:

$$\sigma_{ijin} = \frac{1035}{1.5} = 690 \text{ MPa} \approx 70.36 \text{ kg/mm}^2$$

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan

$$\sigma_{comp} = 0.28 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = 70.36 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena nilai tegangan ijin lebih lebih besar daripada nilai tegangan kompresi, maka perencanaan aman.

6.2.6 Perhitungan Panjang *Punch*

Panjang *punch* maksimum yang digunakan agar tidak patah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) [Boljanovic,2004]:

$$L_{p \max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_m}{4 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_s}}$$

Ket:

$L_{p \max}$ = Panjang maksimum *punch* (mm)

I_m = Momen inersia penampang *punch* (kg m²)

E = Modulus elastisitas material *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

Dimana:

$$\begin{aligned} I_m &= 758624.21 \text{ (kg m}^2\text{)} \\ E &= 210 \text{ GPa} \approx 21428.57 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \\ \sigma_s &= 24.27 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \\ L &= 2640 \text{ (mm)} \\ t &= 0.7 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

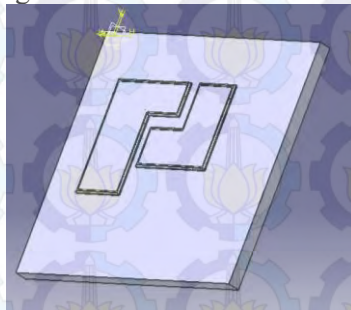
Maka :

$$L_{p \max} = \sqrt{\frac{3.14^2 \cdot 21428.57 \cdot 758624.21}{4 \cdot 2640 \cdot 0.7 \cdot 24.27}}$$

Sehingga didapatkan panjang maksimum *punch* sebesar 945.2 mm.

Panjang *punch* tersebut bisa dikurangi sesuai dengan kebutuhan.

Panjang *punch* yang direncanakan adalah 50 mm.



Gambar 6.6 *Embossing Punch*

6.3 Perhitungan *Punch-Dies Piercing*

6.3.1 Perhitungan Ketebalan *Dies*

Perhitungan tebal minimum *dies* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.5). [Vukota Boljanovic,2004]

$$h_d = (10 + 5t + 0,7\sqrt{a+b}) C_d$$

Ket:

h_d = Tebal *dies* (mm)

t = Tebal Plat (mm)

a = Panjang *dies* (mm)

b = Lebar *dies* (mm)

C_d = Konstanta *dies*

Dimana:

t = 0.7 mm

a = 1000 mm

b = 850 mm

C_d = 1.3 (Berdasarkan tabel 2.3)

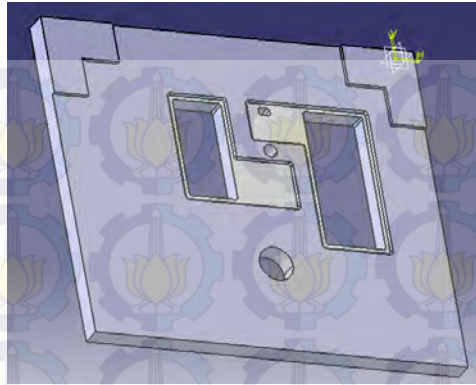
Maka

$$h_d = (10 + 5(0.7) + 0,7\sqrt{1000 + 850}) 1.3$$

Sehingga didapatkan tebal minimal *dies* sebesar 56.68 mm \approx 57 mm

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

- BHN = 335
- σ_u = 1158 MPa
- σ_y = 1035 MPa



Gambar 6.7 Piercing Dies

6.3.2 Perhitungan Ketebalan Upper-Lower Plate

Berdasarkan tabel 2.1 [Sharma, 1999], tebal *upper* dan *lower plate* dapat ditentukan. Dengan F_s *embossing* sebesar 385.2 kN, maka didapatkan tebal *upper* dan *lower plate* sebesar 63.5 mm.

6.3.3 Perhitungan Clearance

Besarnya *clearance* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6). [Boljanovic, 2004]

$$c = \frac{k \cdot t \cdot \sqrt{0.7 \sigma_u}}{2}$$

Ket:

| | | |
|------------|---|------------------------------------|
| c | = | Clearance (mm) |
| t | = | Tebal Plat (mm) |
| k | = | Koefisien tipe <i>dies</i> (0.005) |
| σ_u | = | Tegangan <i>ultimate</i> plat |

Dimana:

| | | |
|-----|---|--------|
| t | = | 0.7 mm |
|-----|---|--------|

$$\begin{aligned}
 k &= 0.005 \\
 \sigma_u &= 340 \text{ MPa} = 340 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Maka, } c = \frac{0.005 \cdot 0.7 \cdot \sqrt{0.7 \cdot 340}}{2}$$

Sehingga didapatkan nilai c sebesar 0.026 mm

Sebagai perbandingan, besarnya *clearance* juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.6b) [Pollack, 1988].

$$c = a \cdot t$$

Ket:

c = Clearance (mm)

t = Tebal Plat (mm)

a = Allowance (%)

Dimana:

t = 0.7 mm

a = 3.5 % = 0.035 (Berdasarkan tabel 2.4)

$$\text{Maka, } c = 0.035 \cdot 0.7$$

Sehingga didapatkan nilai c sebesar 0.024 mm

Nilai rata-rata *clearance* adalah sebesar $\frac{0.026 + 0.024}{2} = 0.025 \text{ mm}$

6.3.4 Perencanaan Stripper

Tebal *stripper* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4). [Sharma, 1999]

$$h_s = \frac{1}{8} \left(\frac{W}{3} + 16t \right)$$

Ket:

h_s = Tebal *stripper* (mm)
 W = Lebar Plat (mm)
 t = Tebal Plat (mm)

Dimana:

W = 630 mm
 t = 0.7 mm

$$\text{Maka, } h_s = \frac{1}{8} \left(\frac{630}{3} + 16(0.7) \right)$$

Sehingga didapatkan tebal *stripper* sebesar 27.65 mm \approx 28 mm



Gambar 6.8 *Piercing Stripper*

6.3.5 Perbandingan Tegangan Ijin dan Tegangan Kompresi *Punch*

Pada perencanaan *punch* akan dihitung tegangan kompresi. Tegangan tersebut akan digunakan untuk menentukan jenis material dan panjang *punch* agar tidak patah. Besarnya tegangan kompresi jika dibandingkan dengan tegangan ijin dari material *punch* dapat diketahui dengan menggunakan persamaan (2.1) [Suchy, 2006]

$$\sigma_{comp} = \frac{L \cdot t \cdot \sigma_s}{A}$$

Ket:

σ_{comp} = Tegangan kompresi *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

A = Luas penampang *punch* (mm)

Dimana:

σ_s = 238 MPa \approx 24.27 kg/mm²

L = 2312.64 mm

t = 0.7 mm

A = 99320.5 mm

Maka :

$$\sigma_{comp} = \frac{2312.64 \cdot 0.7 \cdot 24.27}{99320.5}$$

Sehingga didapatkan nilai tegangan kompresi *punch* sebesar 0.39 kg/mm²

Material yang digunakan adalah SKD11 dengan spesifikasi sebagai berikut :

➤ BHN = 335

➤ σ_u = 1158 MPa

$$\sigma_y = 1035 \text{ MPa}$$

Tegangan ijin material *punch*:

$$\sigma_{ijin} = \frac{1035}{1.5} = 690 \text{ MPa} \approx 70.36 \text{ kg/mm}^2$$

Syarat aman adalah:

$$\sigma_{comp} \leq \sigma_{ijin}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan

$$\sigma_{comp} = 0.39 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ijin} = 70.36 \text{ Kg/mm}^2$$

Karena nilai tegangan ijin lebih lebih besar daripada nilai tegangan kompresi, maka perencanaan aman.

6.3.6 Perhitungan Panjang *Punch*

Panjang *punch* maksimum yang digunakan agar tidak patah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.2) [Boljanovic,2004]:

$$L_{p \max} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_m}{4 \cdot L \cdot t \cdot \sigma_s}}$$

Ket:

$L_{p \max}$ = Panjang maksimum *punch* (mm)

I_m = Momen inersia penampang *punch* (kg m²)

E = Modulus elastisitas material *punch* (kg/mm²)

σ_s = Tegangan geser material plat (kg/mm²)

L = Lintasan potong oleh *punch* (mm)

t = Tebal plat (mm)

Dimana:

$$\begin{aligned}
 I_m &= 641253.27 \text{ (kg m}^2\text{)} \\
 E &= 210 \text{ GPa} \approx 21428.57 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \\
 \sigma_s &= 24.27 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \\
 L &= 2312.64 \text{ (mm)} \\
 t &= 0.7 \text{ (mm)}
 \end{aligned}$$

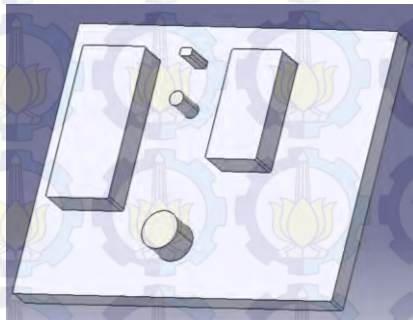
Maka :

$$L_{p \max} = \sqrt{\frac{3.14^2 \cdot 21428.57 \cdot 641253.27}{4 \cdot 2312.64 \cdot 0.7 \cdot 24.27}}$$

Sehingga didapatkan panjang maksimum *punch* sebesar 928.48 mm.

Panjang *punch* tersebut bisa dikurangi sesuai dengan kebutuhan.

Panjang *punch* yang direncanakan adalah 70 mm.



Gambar 6.9 *Piercing Punch*

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

- a. Desain *inner door panel* memiliki frekuensi natural sebesar 166,94 Hz atau setara dengan 10.016,4 rpm sehingga aman dan tidak terpengaruh oleh getaran dari mesin mobil.
- b. Tegangan yang terjadi pada *inner door panel* akibat gaya pembebanan sebesar 300 N pada *handle* pintu bagian dalam adalah sebesar $2,9159 \times 10^7$ Pa atau setara dengan 2,97 Kg/mm². Sedangkan tegangan ijin material adalah sebesar 13,94 Kg/mm² sehingga masih berada dalam kategori aman.
- c. Terdapat 3 macam proses pembentukan yaitu *trimming*, *embossing* dan *piercing* dengan nilai total gaya pembentukan masing-masing sebagai berikut:
 - Gaya pembentukan proses *Trimming* = 48.96 ton
 - Gaya pembentukan proses *Embossing* = 26.89 ton
 - Gaya pembentukan proses *Piercing* = 41.66 ton
- d. *Window regulator* yang disarankan untuk digunakan pada mobil *pick-up* multiguna ini adalah *scissor type window regulator* dengan tenaga penggerak manual.
- e. Tegangan kompresi *punch and dies* pada tiap proses pembentukan dibandingkan dengan tegangan ijin materialnya masing-masing sehingga perancangan aman, dimana tegangan kompresi pada proses *trimming* 0.11 Kg/mm², tegangan kompresi pada proses *embossing* 0.28 Kg/mm², tegangan kompresi pada

proses *piercing* 0.39 Kg/mm^2 . Semua tegangan kompresi yang terjadi lebih kecil daripada tegangan ijin material yaitu 70.36 Kg/mm^2 .

7.2 Saran

Kapasitas mesin *press* sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan agar mesin *press* dapat bekerja maksimal. Kapasitas mesin *press* yang ada saat ini dirasa terlalu besar karena gaya pembentukan terbesar adalah 48.96 ton sedangkan kapasitas mesin mencapai 300 ton.

DAFTAR PUSTAKA

1A Auto. <http://www.1aauto.com/content/articles/replacement-windowregulators.html>. diakses pada tanggal 19 Desember 2013

Boljanovic, V, (2004), Sheet Metal Forming Processes and Die Design, Industrial Press Inc, Tennessee

Ciwi, A.M.Z, (2012), Perancangan Kabin Angkutan Pedesaan Jenis Pick Up Yang Aerodinamis Dan Ergonomis (Studi Kasus Kabin Mobil Gea), Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

Design Tool. <http://designtools.page.tl/Typs-of-press-tools.htm> diakses pada tanggal 19 Desember 2013

Design Tool. <http://designtools.page.tl/Elements-of-press-tool.htm> diakses pada tanggal 19 Desember 2013

Design Tool. <http://designtools.page.tl/Press-Tool-Operation.htm> diakses pada tanggal 19 Desember 2013

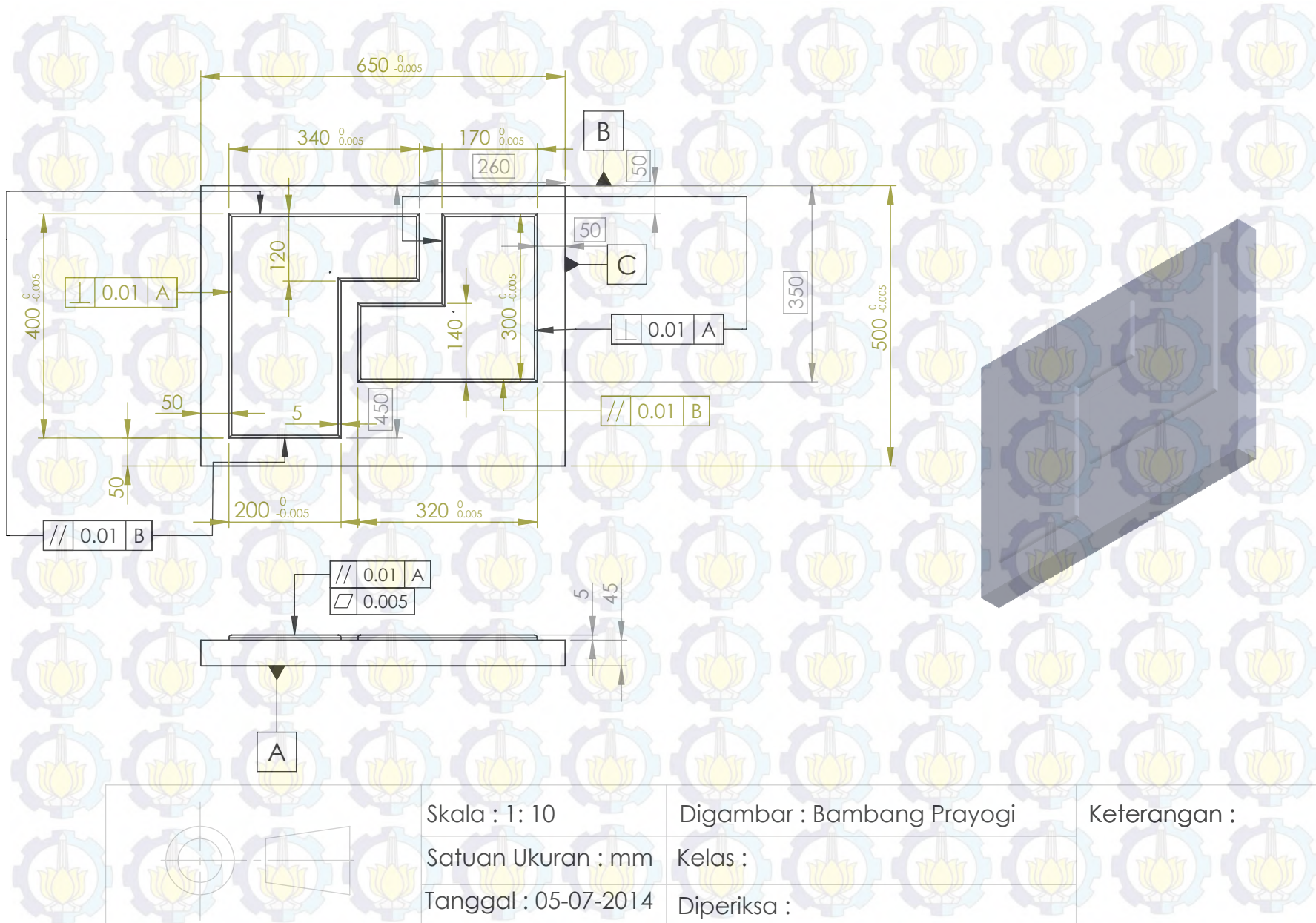
Sharma, P.C, (1999), ATB of Production Engineering, S.Chand, New York

Suchy, I, (2006), Handbook of Die Design, The McGraw Hill Companies, New York

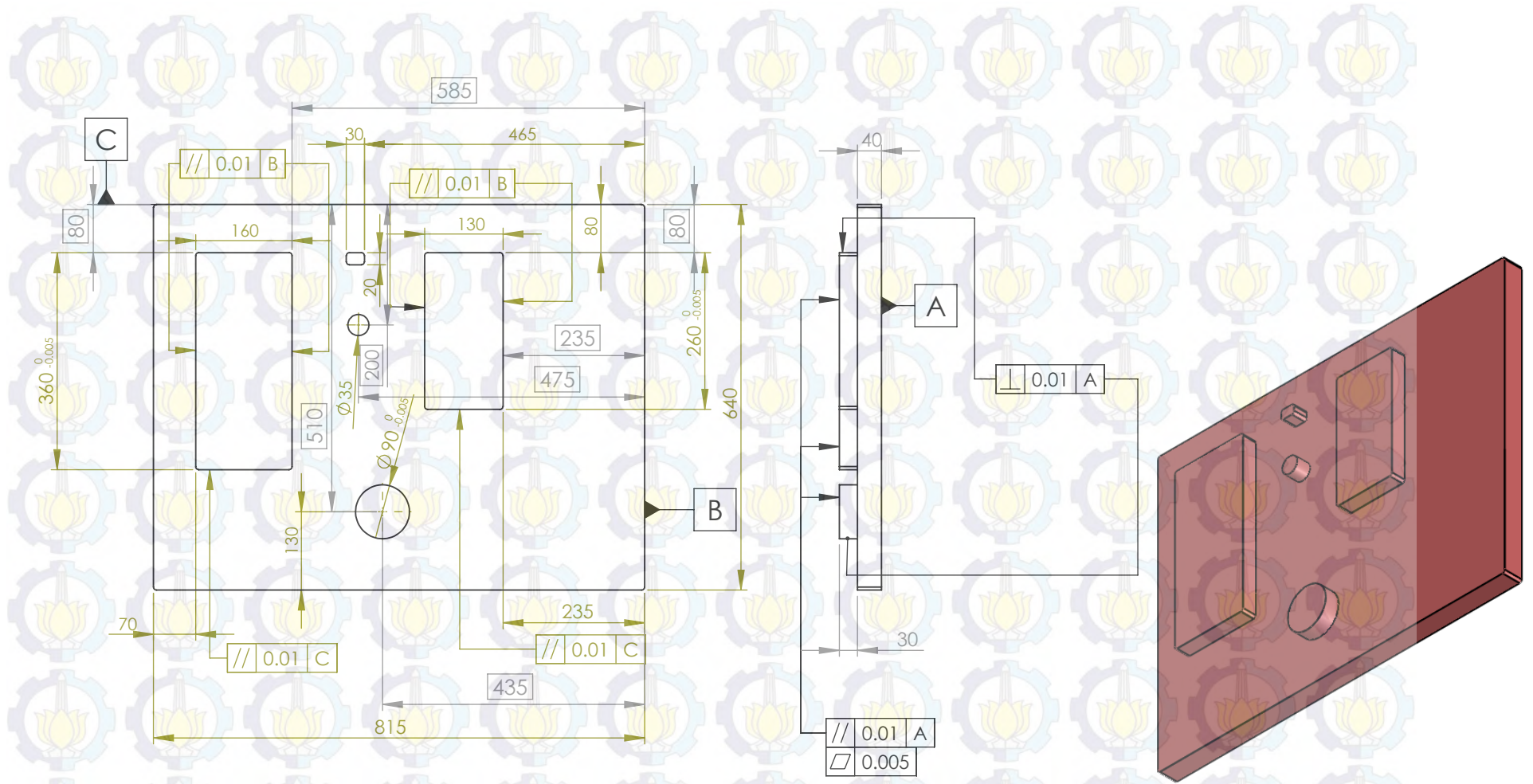
Suwa Precision. <http://www.suwaprecision.com/images/metal stamping/fineblanking.JPG> diakses pada tanggal 19 Desember 2013

Tschaetsch, H, (2006) Metal Forming Practise, Springer, Berlin

Wikimedia. http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blanking_vs_piercing.svg diakses pada tanggal 19 Desember 2013



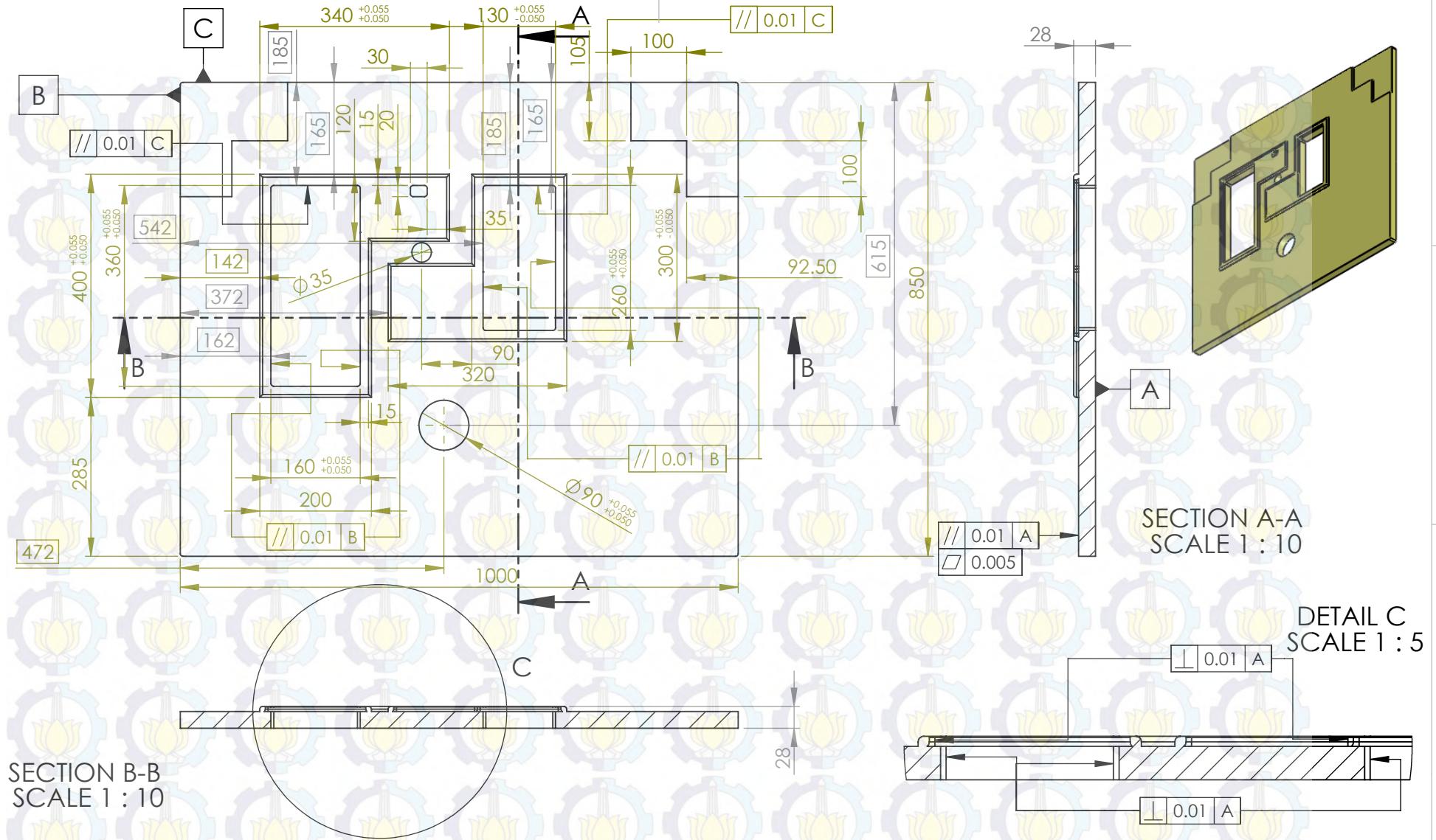
| | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------------|--------------|----|
| | Skala : 1: 10 | Digambar : Bambang Prayogi | Keterangan : | |
| | Satuan Ukuran : mm | Kelas : | | |
| | Tanggal : 05-07-2014 | Diperiksa : | | |
| Teknik Mesin FTI ITS | | Embossing Punch | No. | A4 |



Skala : 1 : 10
 Satuan Ukuran : mm
 Tanggal : 05-07-2014

Digambar : Bambang Prayogi
 Kelas :
 Diperiksa :

Keterangan :



SECTION B-B
SCALE 1 : 10

SECTION A-A
SCALE 1 : 10

DETAIL C
SCALE 1 : 5

Skala : 1 : 10

Satuan Ukuran : mm

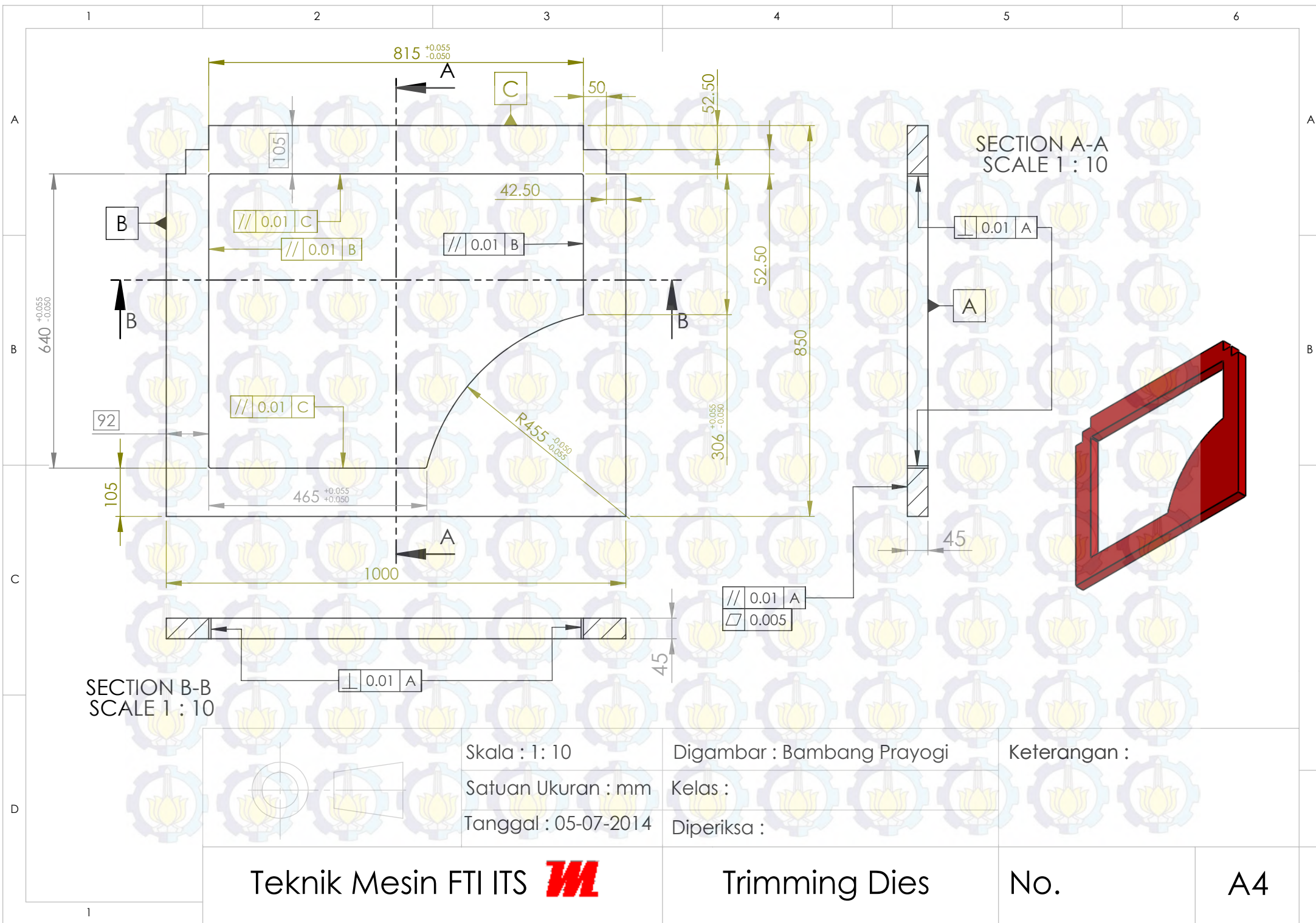
Tanggal : 05-07-2014

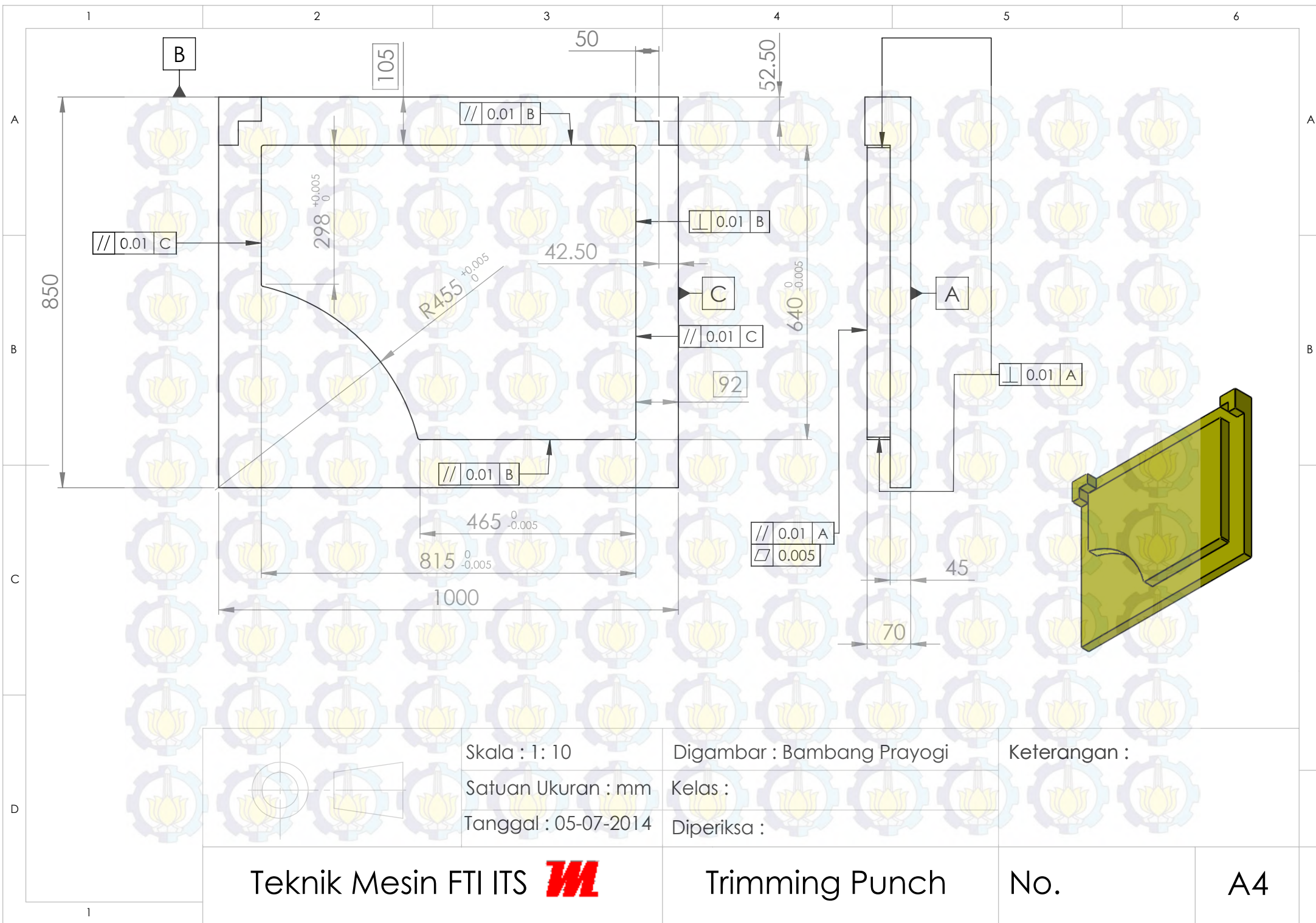
Digambar : Bambang Prayogi

Kelas :

Diperiksa :

Keterangan :







BIODATA PENULIS



Bambang Prayogi dilahirkan di kota Surabaya, 19 Januari 1991. Merupakan anak kedua dari 2 bersaudara pasangan Musa Ismail dan Rasinah. Penulis menyelesaikan masa studi Sekolah Dasar di SDN Kebonsari II / 415 Surabaya pada tahun 2003, dilanjutkan ke SMP Negeri 22 Surabaya lulus pada tahun 2006 dan SMA Negeri 15 Surabaya lulus pada tahun 2009.

Selepas SMA penulis melanjutkan studi di S1 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan kemudian mengambil bidang studi manufaktur. Selama kuliah pengurus aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Mesin (HMM) ITS Lembaga Dakwah Jurusan (Ash-Shaff). Penulis pernah menjabat sebagai Staff Ahli Beasiswa Mandiri Departemen KESMA HMM ITS dan Ketua Departemen DANUS Ash-Shaff. Penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum Dinamika Teknik dan Asisten Praktikum Pengukuran Teknik. Penulis tertarik pada pengembangan produk dan masuk menjadi anggota Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk

Untuk saran dan informasi lebih lanjut serta untuk menyambung tali silaturahmi, penulis dapat dihubungi melalui email bambang.prayogi.190191@gmail.com.